Fachhochschule Karlsruhe – Hochschule für Technik
Fachbereich Geoinformationswesen
Studiengang Vermessung und Geomatik

Diplomarbeit

Thema:

ITRF-basierter Aufbau und Integration präziser archäologischer und geowissenschaftlicher Grundlagennetze: Konzipierung, Realisierung und Dokumentation der dazugehörigen geodätischen Leistungen (GPS-Auswertung mittels Berner GPS-Software 4.2, Handbucherstellung, Qualitätskontrolle, Netzausgleichung und Transformationen) am Beispiel der aktiv begleiteten Projekte Troia und Georgien des Ing.-Büro E. Messmer.

Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Reiner Jäger
Prof. Dr.-Ing. Rainer Schwäble

Von

Christian Hartmann

INHALTSVERZEICHNIS

1. Aufgabenstellung 1

2. Einleitung 2

3. Theoretische Grundlagen 3

3.1. Satelliten 3

3.2. Referenzsysteme 5
3.2.1. Himmelsfeste Referenzsysteme 5
3.2.2. Erdfeste Referenzsysteme 7
3.2.3. Beziehungen zwischen himmelsfesten und erdfesten Koordinatensystemen 9

3.3. Zeitsysteme 10
3.3.1. Sonnenzeit – Universal Time (UT) 10
3.3.2. Sternzeit 10
3.3.3. Atomzeit 11
3.3.4. GPS-Zeit 11

3.4. Satellitenbahnen 12
3.4.1. Ungestörte Keplerbahn 12
3.4.2. Gestörte Keplerbahn 13
3.4.3. Orbits 14

3.5. GPS-Satellitensignal 15
3.5.1. Signalstruktur 15
3.5.2. Linearkombinationen 16
3.5.3. Differenzbildung 19
3.5.4. Mehrwegeffekte 20

3.6. Atmosphärische Störgrößen 21
3.6.1. Ionosphärische Refraktion 21
3.6.2. Troposphärische Refraktion 24

3.7. International GPS Service for Geodynamics (IGS) 27
3.7.1. Organisation des IGS 27
3.7.2. IGS-Produkte 28

3.8. Höhenbezugssysteme 29
3.8.1. Geometrische Höhenbezugssysteme 29
3.8.2. Physikalisch definierte Höhenbezugssysteme 30
3.8.3. Geoidmodelle 32
3.8.4. Höhenintegration 35

4. Berner GPS Software 37

4.1. Allgemeines 37

4.2. Einrichten der Berner Software 38
4.2.1. Allgemeines 38
4.2.2. Installation 38
4.2.3. Editieren der Config.sys / nt 38
4.2.4. Einrichten der DOS-Umgebung für die Berner Software 38
4.2.5. Einstellungen in der Loadgps.bat 40
4.2.6. Einstellungen in der Format.dat 41

4.3. Dateistruktur der Berner Software 42
4.4. Ablauf einer Auswertung 43
4.5. Datenbezug aus dem Internet 44
4.5.1. Wissenswertes zu den Institutionen 44
4.5.2. GPS-Kalender 46
4.5.3. Karten der IGS-Stationen 47
4.5.4. Daten vom AIUB 49
4.5.5. Bezug der RINEX-Daten der IGS-Stationen 52
4.5.6. Dekomprimierung der Daten 54
4.6. Start der BS und Substitution der Laufwerke 55
4.6.1. Start unter Windows 55
4.6.2. Start unter DOS 56
4.6.3. Hauptmenü der BS 56
4.6.4. Bedienung der BS 56
4.7. Anlegen und Vorbereiten einer Kampagne 58
4.7.1. Anlegen einer Kampagne 58
4.7.2. Eingabedateien 60
4.7.3. Vorbereiten einer Kampagne 70
4.8. Berechnung 71
4.8.1. Datentransfer 71
4.8.2. Berechnung der Satellitenbahnen 73
4.8.3. Vorbereitende Berechnungen 77
4.8.4. Parameterschätzung 85
4.8.5. Zusammenführen der Einzelergebnisse 107
5. Qualitätskontrolle 114
5.1. S-TRA 114
5.2. GPS3D 114
5.3. TRAVAR 115
5.4. Netz2D 116
5.5. Heidi 117
6. SKI-Pro 118
6.1. Kurzbeschreibung 118
6.2. Anwendung 120
7. Projekt Troia 121
7.1. Einleitung 121
7.2. Motivation und Aufgabenstellung 123
7.3. Netzmessung 124
7.3.1. Vorgefundene Situation 124
7.3.2. Messung 126
7.3.3. Auswertung 129
7.3.4. Ergebnisse 133

7.4. Höhlenvermessung 178
7.4.1. Vorgefundene Bedingungen 178
7.4.2. Diskussion der Probleme → Lösungen 179
7.4.3. Messung 179
7.4.4. Auswertung 183
7.4.5. Ergebnisse 184

8. Projekt Udabno 187

8.1. Einleitung 187

8.2. Motivation und Aufgabenstellung 188

8.3. Messgebiet und Rahmenbedingungen 189
8.3.1. Messgebiet 189
8.3.2. Rahmenbedingungen 190

8.4. Wahl des Koordinatensystems 190

8.5. Messablauf 191

8.6. Auswerteablauf 192

8.7. Ergebnisse 193
8.7.1. ITRF-Punkteinschaltung 193
8.7.2. Kontroll-Baseline 203
8.7.3. GPS-Messungen in Udabno 208
8.7.4. Transformation WGS84 → ITRF 214
8.7.5. Koordinaten 220

9. Ausblick 221

Literaturverzeichnis 222

Danksagung 221

1. AUFGABENSTELLUNG

FACHHOCHSCHULE KARLSRUHE – HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
Fachbereich Geoinformationswesen - Studiengang Vermessung und Geomatik

Diplomarbeit

für

Herrn Christian Hartmann

aus den Fachgebieten

Satellitenvermessung, Landesvermessung und Ausgleichsrechnung

Thema: ***ITRF-basierter Aufbau und Integration präziser archäologischer und geowissenschaftlicher Grundlagennetze: Konzipierung, Realisierung und Dokumentation der dazugehörigen geodätischen Leistungen (GPS-Auswertung mittels Berner GPS-Software 4.2, Handbucherstellung, Qualitätskontrolle, Netzausgleichung und Transformationen) am Beispiel der aktiv begleiteten Projekte Troia und Georgien des Ing.-Büro E. Messmer.***

2. EINLEITUNG

Die möglichst genaue Beschreibung von Orten auf der Erdoberfläche war schon immer ein großes Anliegen der Menschen. In alten Überlieferungen ist die Lage von Städten oft relativ zu topographisch markanten Punkten wie Flüssen, Bergen, Küsten etc. angegeben, die Entfernung von Orten zueinander in Tagesreisen oder ähnlichen Einheiten.

Topographie verändert sich, Städte gehen unter, Ortsnamen geraten in Vergessenheit. Entsprechend schwierig gestaltet sich heute die Suche nach versunkenen Stätten der Vergangenheit. Oft gleicht sie einem Puzzelspiel und selbst, wenn eine Ruine gefunden wird, ist es nicht leicht, eindeutige Beweise dafür beizubringen, dass es sich dabei um den gesuchten Ort handelt.

Obwohl schon sehr früh, beispielsweise in Mesopotamien oder Ägypten, bemerkenswerte vermessungstechnische Leistungen vollbracht wurden, basierten die Arbeiten der Geometer bis in jüngste Vergangenheit meist auf lokalen Systemen.

Das *„**G**lobal **P**ositioning **S**ystem“* **GPS** ermöglicht heute auch Laien, weltweit eine metergenaue Navigation. Führende geodätische und geophysikalische Institutionen haben mit dem *„**I**nternational **G**PS **S**ervice for Geodynamics“* **IGS** ein globales Netzwerk aus Referenzstationen aufgebaut und mit dem *„**I**nternational **T**errestrial **R**eference **F**rame“* **ITRF** ein global auf wenige Zentimeter genau realisiertes Koordinatensystem definiert. Die frei verfügbaren Daten des IGS ermöglichen es, global Punkte mit einer Genauigkeit von wenigen Millimetern ins ITRF einzuschalten. Mit der Berner GPS-Software 4.2 steht eine GPS-Auswertesoftware zur Verfügung, mit der globale Netze mit höchster Genauigkeit berechnet werden können.

Das Vermessungsbüro E. Messmer betreut seit langem archäologische Ausgrabungen mit geodätischem Know-how. Auch das Grabungsnetz für die derzeitigen Forschungen in Troia wurde von dem archäologiebegeisterten Vermesser aus Schwaben aufgebaut. Das lokal sehr gute Netz stellte bislang allerdings eine Insellösung dar, ein räumlicher Bezug zu den Fundstellen in der Umgebung war lange Zeit nicht möglich.

Ein Ziel dieser Diplomarbeit war daher: die sagenumwogene Stadt und einige umliegende historische Stätten mit höchster Genauigkeit ins ITRF einzuschalten. Im Sommer 2000 wurden daher - im Auftrag des Büros E. Messmer - in Troia und der Troas geodätische GPS-Messungen, u.a. mehrere 24-Stunden-Beobachtungen durchgeführt.

Die ausgedehnten Handelsbeziehungen der Troianer und der Forschungsdrang der Tübinger Archäologen führten zu einem weiteren Jointventure. In einem Kooperationsprojekt der Universität Tübingen, der Universität Tiflis und dem Büro E. Messmer wurde im Spätsommer 2000 in der Nordost georgischen Provinz Kachetien ein ITRF-basiertes archäologisches Grabungsnetz aufgebaut. Dies ist die Basis für zukünftige Forschungen im Nordkaukasus.

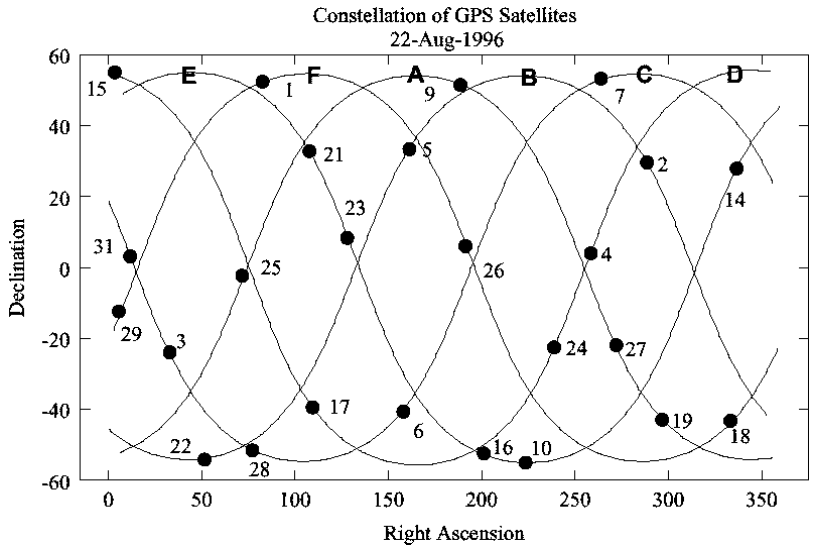
Zu den Aufgaben gehörte die Planung, Durchführung, Auswertung und Dokumentation der Messungen ebenso, wie der Aufbau der physikalischen Netze. Eine Herausforderung war, neben der fachlich interessanten und anspruchsvollen Tätigkeit, unter schwierigen äußeren Bedingungen in der Türkei und Georgien professionelle Arbeit zu leisten.

3. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Das NAVSTAR-GPS-System ist ein vom amerikanischen Verteidigungsministerium für militärische Zwecke entwickeltes Satellitennavigationssystem. Das **NAV**igation **S**ystem with **T**ime **A**nd **R**anging - **G**lobal **P**ositioning **S**ystem soll es ermöglichen zu jedem Zeitpunkt, weltweit dreidimensionalen Positionen in einem einheitlichen Koordinatensystem zu bestimmen.
[M. Illner, GPS Leistungsbilanz 1994]

3.1. SATELLITEN

Das Herzstück des Systems stellen die Satelliten dar. Sie umkreisen die Erde in 6 Bahnebenen (Bezeichnung A - F). Die Bahnen haben in der Äquatorebene einen äquidistanten Abstand von 60°. Die Bahnneigung gegenüber dem Äquator beträgt 55°. Die mittlere Entfernung der Satelliten von der Erdoberfläche ist mit ca. 20200 km so gewählt, dass die Umlaufzeit genau 12 Stunden Sternzeit beträgt. Daher erscheint ein Satellit am gleichen Ort täglich 4 min. früher (siehe Kapitel 3.3 „Zeitsysteme“). Zur Navigation in Echtzeit müssen an jedem Punkt der Erde mindestens 4 Satelliten sichtbar sein. Dies wird erreicht, in dem jede Bahnebene mit 4 Satelliten im gleichmäßigen Abstand bestückt wird.



GPS-Orbits, Bahnen A-F

Die Satelliten des Blocks I dienten vor allem der Erprobung des Systems (ihre Konfiguration unterschied sich von der oben beschriebenen).

Für den operablen Betrieb wurden ab 1989 die Satelliten des Blocks II gestartet. Seit dem 08.12.1993 ist das System *voll* funktionsfähig. Die geplante Lebensdauer der Satelliten beträgt 7,5 Jahre. Nach Ablauf der Lebensdauer müssen neue Satelliten zur Verfügung stehen. Dies sind die Satelliten des Blocks II R („Replenishment“ = Ersatz) die seit 1997 gestartet werden und des Blocks II F („Follow Up“ = Nachfolgen). Die geplante Lebensdauer wird von den meisten Satelliten übertroffen, so dass im Augenblick 32 operable Satelliten zur Verfügung stehen (siehe Tabelle „Satellitenstatus im Februar 2001“).

Startfolge	PNR-Code Satelliten	Mission	Startdatum	Slot	Status im Oktober 2000
Block I					
1	4	I-1	22-Feb-78	**	nicht operabel
2	7	I-2	13-May-78	**	nicht operabel
3	6	I-3	06-Oct-78	**	nicht operabel
4	8	I-4	11-Dec-78	**	nicht operabel
5	5	I-5	09-Feb-80	**	nicht operabel
6	9	I-6	26-Apr-80	**	nicht operabel
7	**	I-7	18-Dec-81	**	Fehlstart
8	11	I-8	14-Jul-83	**	nicht operabel
9	13	I-9	13-Jun-84	**	nicht operabel
10	12	I-10	08-Sep-84	**	operabel
11	3	I-11	09-Oct-85	**	nicht operabel
Block II					
14	14	II-1	14-Feb-89	E1	
13	2	II-2	10-Jun-89	B3	
16	16	II-3	17-Aug-89	E5	
19	19	II-4	21-Oct-89	A4	
17	17	II-5	11-Dec-89	D3	
18	18	II-6	24-Jan-90		
20	20	II-7	25-Mar-90	B5	
21	21	II-8	02-Aug-90	E2	
15	15	II-9	01-Oct-90	D2	
23	23	II-10	26-Nov-90	E4	
24	24	II-11	03-Jul-91	D1	
25	25	II-12	23-Feb-92	A2	
28	28	II-13	09-Apr-92	C5	
26	26	II-14	07-Jul-92	F2	alle operable
27	27	II-15	09-Sep-92	A3	
32	1	II-16	22-Nov-92	F1	
29	29	II-17	18-Dec-92	F4	
22	22	II-18	02-Feb-93	B1	
31	31	II-19	30-Mar-93	C3	
37	7	II-20	13-May-93	C4	
39	9	II-21	26-Jun-93	A1	
35	5	II-22	30-Aug-93	B4	
34	4	II-23	26-Oct-93	D4	
36	6	II-24	10-Mar-94	C1	
33	3	II-25	28-Mar-96	C2	
40	10	II-26	16-Jul-96	E3	
30	30	II-27	12-Sep-96	B2	
38	8	II-28	06-Nov-97	A5	
Block II R					
42	12	IIR-1	17-Jan-97	**	nicht operabel
43	13	IIR-2	22-Jul-97	F5	operable
46	11	IIR-3	06-Oct-99	D2	operable
51	20	IIR-4	10-May-00	E1	operable
44	28	IIR-5	16-Jul-00	B5	operable

Satellitenkonstellation im Februar 2001

[M. Bauer 1997; M. Illner, GPS Leistungsbilanz 1994; Handbuch zur Berner Software 42 Kapitel 2 „NAVSTAR GPS – Basic Facts“ ab Seite 13; http://gibs.leipzig.ifag.de/]

3.2. REFERENZSYSTEME

Positionen von Beobachtungsstationen auf der Erdoberfläche und Objekten im Raum bzw. Richtungen zu kosmischen Objekten werden gewöhnlich durch Koordinaten, bezogen auf ein genau definiertes Referenzsystem angegeben. Die Festlegung und Realisierung eines Referenzsystems beruht selber wieder auf einer Anzahl von fundamentalen Bezugspunkten oder -objekten.

Grundsätzlich sind zwei Kategorien von Referenzsysteme zu unterscheiden. *Himmelsfeste Referenzsysteme* sind auf extraterrestrische Verknüpfungspunkte bezogen und realisieren ein „raumfestes“ Inertialsystem[1)] im Sinne der Newtonschen Mechanik. Im Gegensatz dazu sind *erdfeste Systeme* an terrestrische Bezugspunkte angeheftet und machen die Rotation der Erde mit. Beide Systeme sind an die Rotationsachse der Erde in einer vorgeschriebenen Weise angebunden und werden seit den Anfängen der Geodäsie angewandt.

Da sich *alle* Punkte des Raumes (und auf der Erde) in Bewegung befinden sind grundsätzlich vier Koordinaten - drei Raum- und eine Zeitkoordinate - erforderlich.
[B. Heck, GPS-Leistungsbilanz 1994]

3.2.1. HIMMELSFESTE REFERENZSYSTEME

Bezugspunkte von himmelsfesten Referenzsystemen sind extraterrestrische Körper. Das Ziel einer solchen Festlegung ist die Schaffung eines *Inertialsystems*. Da aber auch die Bezugspunkte im Raum in Bewegung sind, bedarf es eindeutiger Konventionen zur Konstruktion solcher Bezugssysteme.

Solche *konventionellen Inertialsysteme* (**CIS**: Conventional Inertial System) können auf zwei Arten definiert werden:

- Kinematische CIS werden an Sternen oder extragalaktische Radioquellen (Quasare) angeheftet. Ein solches Inertialsystem befindet sich bezüglich sehr weit entfernter Objekte in Ruhe, wenn die Eigenbewegung dieser Himmelskörper bekannt ist.
- Dynamische CIS sind an Körper im Sonnensystem (z.B. Mond oder Satelliten) „festgemacht“. Es gelten die Gesetze der Newtonschen Mechanik.

Der Ursprung eines mit einem CIS verbundenen *kartesischen Koordinatensystems* ist gewöhnlich der Massenmittelpunkt der Erde oder unseres Sonnensystems. Die Z-Achse eines *raumfesten Äquatorsystems* entspricht der Erdrotationsachse zu einem vereinbartem Zeitpunkt. Die X-Achse zeigt in Richtung des Frühlingspunktes[2)] (zur vereinbarten Epoche). Die Y-Achse vervollständigt das System zu einem rechtshändigen kartesischen Koordinatensystem.
[B. Heck, GPS-Leistungsbilanz 1994]

1) **Inertialsystem:** Koordinatensystem in Raum und Zeit, in dem die Newtonschen Axiome der Mechanik (insbesondere also Galileis Trägheitsgesetz) gelten, ohne dass Trägheitskräfte, wie Zentrifugal- oder Corioliskräfte, auftreten. Praktisch kann als Inertialsystem ein Bezugssystem angesehen werden, das in der Milchstraße verankert ist. Ferner ist jedes geradlinig und gleichförmig dagegen bewegte System ebenfalls ein Inertialsystem. [http://www.wissen.de/]

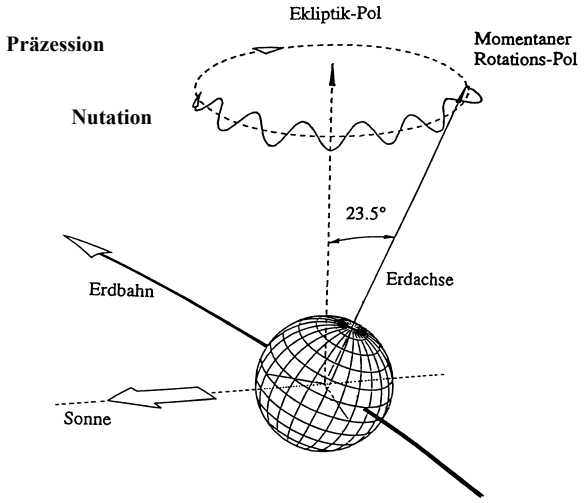
2) **Frühlingspunkt**: der Schnittpunkt zwischen Himmelsäquator und Ekliptik im Sternbild Fische, der von der Sonne am Frühlingsanfang durchschritten wird. [http://www.wissen.de/]

3.2.1.1. PRÄZESSION UND NUTATION

Infolge der Gravitationswirkung von Sonne und Mond auf die Erde verändert die Erdrotationsachse ihre Lage im Raum. Damit verbunden sind Verlagerungen der Äquatorebene und des Frühlingspunkts sowie zeitliche Änderungen der Schiefe der Ekliptik[3]. Diese Phänomene werden *Präzession* und *Nutation* genannt.

- Als Präzession bezeichnet man die Kreiselbewegung der Erde infolge der Gravitationskraft der Sonne. Die Bewegung des Frühlingspunktes infolge der Präzession beträgt etwa 50,4“ pro Jahr. Eine vollständige Präzessionsbewegung dauert 25.700 Jahre.
- Die Nutation ist der Präzession aufgelagert. Verantwortlich hierfür ist die Anziehungskraft des Mondes. Die Nutation hat eine Periode von 18,6 Jahren.

[M. Bauer 1997; M. Illner, GPS Leistungsbilanz 1994]



Präzession und Nutation

3.2.1.2. IERS-CELESTRIAL REFERENCE FRAME (ICRF)

Die Realisierung eines himmelsfesten Referenz Systems ist der IERS[4]-Celestrial Reference Frame. Als Fixpunkte für das ICRF wurden Quasare gewählt, da sie, von der Erde aus betrachtet, die geringsten Veränderungen aufweisen. Der Ursprung ist der Massenschwerpunkt des Sonnensystems, die Z-Achse entspricht der (mittleren) Erdrotationsachse zur Epoche t_0 = J2000.0. Die X-Achse fällt mit der Schnittgeraden der Äquatorebene mit der Ekliptik zusammen, die zum Frühlingspunkt zur Epoche t_0 zeigt. Die Y-Achse vervollständigt das System zu einem rechtshändigen kartesischen Koordinatensystem. Die zeitabhängigen, räumlichen Verlagerungen der Rotationsachse und des Frühlingspunktes werden, ausgehend von der Epoche t_0, über die von der IAU[5] festgelegten Theorien zur Berechnung von Präzession und Nutation aus den Jahren 1976 und 1980, berechnet.
[W. Schlüter, GPS Leistungsbilanz 1994]

3) **Schiefe der Ekliptik**: der Winkel zwischen der scheinbaren Sonnenbahn (Ekliptik) und dem Himmelsäquator. Er beträgt etwa 23,5 ° und ist für die Entstehung der Jahreszeiten auf der Erde verantwortlich. [http://www.wissen.de/]

4) **IERS**: Internationaler Earth Rotation Service

5)**IAU**: Internationale Astronomische Union

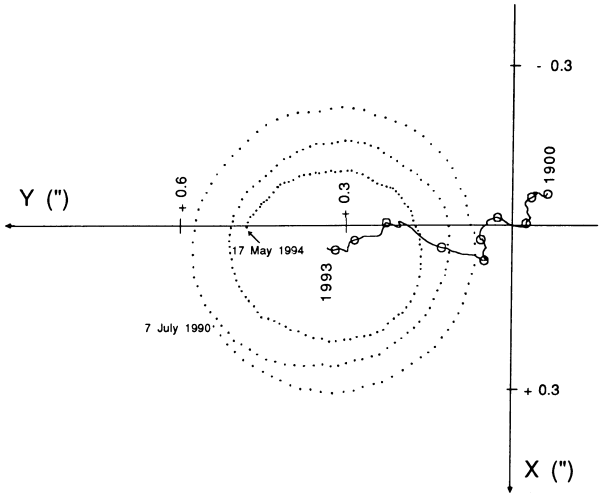
3.2.2. ERDFESTE REFERENZSYSTEME

Erdfeste Referenzsysteme nehmen Bezug auf vermarkte Punkte der Erdoberfläche (z.B. Fundamentalpunkte geodätischer Observatorien oder trigonometrische Punkte) und machen deshalb die Rotation der Erde mit. Auf Grund plattentektonischer Bewegungen, Erd- und Meeresgezeiten, seismischer und vulkanischer Effekte, lokalen Instabilitäten usw. unterliegen die Referenzpunkte zeitabhängige Verschiebungen, die - soweit möglich - zu modellieren sind. Also muss der Koordinatenrahmen durch geeignete Definitionen und Konventionen hinsichtlich der dreidimensionalen Koordinaten einer Anzahl von Fundamentalpunkten an den sich deformierenden Erdkörper „angeheftet“ werden. Daraus resultiert ein *konventionelles terrestrisches Referenzsystem* (**CTS**: Conventional Terrestrial System).

Der Ursprung eines terrestrischen Systems liegt in dem (nicht zugänglichen) Massenschwerpunkt der Erde. Als Z-Achse wird zweckmäßigerweise die Rotationsachse der Erde gewählt. Der Durchstoßpunkt der Z-Achse durch die Erdoberfläche bezeichnet man als konventionellen terrestrischen Pol (**CTP**: Conventional Terrestrial Pole). Die X-Achse steht im Ursprung orthogonal auf der Z-Achse und durchstößt die Erdoberfläche im Schnittpunkt des (konventionellen) Meridian von Greenwich und der (konventionellen) Äquatorebene. Die Y-Achse vervollständigt das Koordinatensystem zu einem rechtshändigen kartesischen System, einem *konventionellen Äquatorsystem.*
[B. Heck, GPS Leistungsbilanz 1994]

3.2.2.1. POLBEWEGUNG

Die Rotationsachse und die Hauptträgheitsachse der Erde fallen nicht zusammen. Dies führt nach den Kreiselgesetzen zu einer ständigen Verlagerung der Erdrotationsachse relativ zum Erdkörper. Diese Polbewegung spaltet sich im wesentlichen in eine näherungsweise kreisförmige Bewegung mit einer Periode von ca. 435 Tagen und einer langfristig nach Westen gerichtete Drift auf. Die momentanen Lage des Pols eines erdfesten CTS wird durch die Polkoordinaten X_p, Y_p beschrieben. Dabei entspricht die Y-Achse dem Meridian von Greenwich, die X-Achse steht im CTP senkrecht auf der Y-Achse. Der CTP entspricht der mittleren Lage der momentanen Erdachse der Jahre 1899 – 1905 (bis 1987 als **CIO** = Conventional International Orgin bezeichnet) .
[M. Bauer 1997; B. Heck, GPS Leistungsbilanz 1994]



Lang- und kurzfristige Polbewegung

3.2.2.2. PUNKTGESCHWINDIGKEITEN

Realisiert wird ein erdfestes System durch Referenzpunkte, denen Koordinatenwerte zugewiesen werden. Die Koordinaten sind im Rahmen der heute erreichbaren Messgenauigkeit jedoch nicht statisch, da sie sich durch

- Plattentektonik (einige Zentimeter bis Dezimeter (global) pro Jahr)
- Gezeiten der festen Erde (bis 30 cm periodisch)

stets Veränderungen unterworfen sind. Aus Beobachtungen und Modellen werden die Veränderungen abgeleitet. Zu jeder Positionsangabe wird daher heute eine Epoche mitsamt einem Bewegungsvektor angegeben, um für jeden Zeitpunkt die Koordinaten für die Referenzstationen berechnen zu können.
[W. Schlüter, GPS Leistungsbilanz 1994]

3.2.2.3. IERS-TERRESTRIAL REFERENCE FRAME (ITRF)

Eine Realisierung eins CTS ist der IERS-Terrestrial Reference Frame, der seit 1988 berechnet wird. Sein Ursprung fällt mit dem Massenmittelpunkt der Erde zusammen. Die Z-Achse ist die mittlere Rotationsachse der Erde, die im IERS-Reference–Pole die Erdkruste durchstößt. Der IERS-Reference–Pole stimmt im Rahmen der Realisierungsgenauigkeit (0,03“) mit dem CTP überein. Die Y-Achse entspricht dem Meridian von Greenwich.

Realisiert wird das ITRF durch Beobachtungen auf ca. 50 primären und ca. 130 sekundären Stationen. Um ein best mögliches Ergebnis zu erzielen und aus Kontrollgründen werden verschiedenen Meßmethoden kombiniert. Es werden Lasermessungen zu speziellen Satelliten und zum Mond (SLR[6)]/LLR[7)]), Messungen zu Quasaren (VLIB[8)]) und GPS-Messungen vorgenommen. Die Realisierungsgenauigkeit liegt im Bereich weniger Zentimeter (weltweit).

Das ITRF wird nach dem *Fiducialpunkt-Konzept* verdichtet. Dies beruht auf simultanen GPS-Messungen auf Neupunkten und Punkten mit hochgenauen ITRF-Koordinaten. Dadurch wird die hohe Realisiergenauigkeit in kleinräumige Bereiche hineingetragen.
[M. Illner, W. Schlüter, GPS Leistungsbilanz 1994]

3.2.2.4. WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 (WGS 84)

Das WGS 84 ist ein globales Referenzsystem, auf das die Ephermeriden der GPS-Satelliten bezogen werden. Das WGS 84 ist heute auf den 5 Stationen des Operational Control System realisiert. Da die Bahnposition der GPS-Satelliten im WGS 84-System zu jedem Zeitpunkt bekannt ist, lässt sich dieses System für den Nutzer lokal auf der Erdoberfläche realisieren. Die Realisierungsgenauigkeit hängt also unmittelbar von der Genauigkeit der Ephermeriden ab. Die von den Satelliten ausgesendeten Bahninformationen (broadcast ephemerides) erlauben eine Positionierungsgenauigkeit von 10-20 Metern, welche durch SA[9)] und A-S[10)] künstlich auf 20-80 Meter verschlechtert werden können. Durch Nutzung von hochpräzisen Ephermeriden ist eine Realisierungsgenauigkeit des WGS 84 von ca. 2 Metern erreichbar.
[B. Heck, GPS Leistungsbilanz 1994]

6) **SLR**: Satellite Laser Ranging
7) **LLR**: Lunal Laser Ranging
8) **VLBI:** Very Long Baseline Interferometrie
9)**SA**: Selected Availability, Verfälschung des Satellitenbahndaten, sowie künstliches verrauschen der Trägersignale (seit dem 02.05.2000 deaktiviert)
10)**A-S**: Anti-Spoofing, ersetzen des P-Codes durch den Y-Code, der nur dem amerikanischen Militär bekannt ist

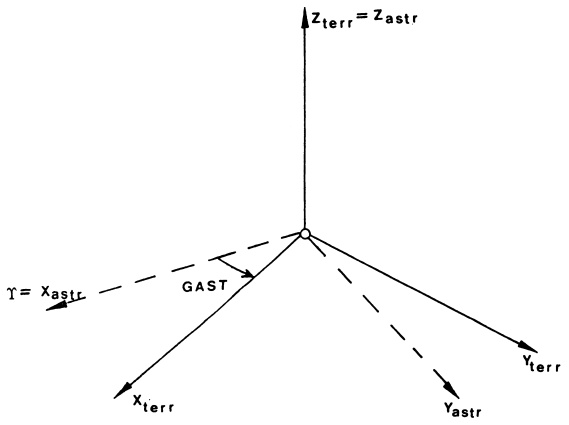
3.2.2.5. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ITRF UND WGS84

ITRF und WGS84 entsprechen sich bezüglich der Definition des Koordinatenursprungs und der Koordinatenachsen (siehe z.B. Datei DATUM im Ordner GEN der Berner GPS Software). Die Systeme unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der Realisierungsgenauigkeit. Die Genauigkeit des ITRF wird mit ± 0,02 m angegeben, das WGS84 ist auf „nur“ ± 0,20 m realisiert. Der Unterschied der vom Anwender realisierbaren Genauigkeit der Systeme ist noch wesendlich größer, er hängt wesentlich von den verwendeten Instrumenten, des Systemstatus, sowie der Auswertesoftware und –Strategie ab.

3.2.3. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN HIMMELSFESTEN UND ERDFESTEN KOORDINATENSYSTEMEN

Konventionelle astronomische Koordinatensysteme CIS werden durch Anbringen von Präzession und Nutation in das momentane astronomische Koordinatensystem zum Beobachtungszeitpunkt überführt.

Die Z-Achse sowohl der astronomischen, als auch der terrestrischen Koordinatensysteme ist die Rotationsachse der Erde. Die X-Achse ist bei himmelsfesten Systemen die Richtung zum Frühlingspunkt, bei erdfesten Systemen der Meridian von Greenwich. Die Erde dreht sich an einem Sterntag im astronomischen System um genau 360°. Daher kann der Winkel zwischen der momentanen astronomischen und der momentanen terrestrischen X-Achse aus der momentanen Greenwicher Sternenzeit (**GAST**: Greenwich Apparent Sideral Time) berechnet werden.



Der Winkel GAST

Der Übergang vom momentanen terrestrischen ins konventionelle terrestrische System erfolgt durch Umrechnung auf den CTS (früher CIO).

Eine Übersicht der Zusammenhänge gibt die Folgende Grafik:

Konventionelle astronomische (**CIS**)	⇦ Präzession ⇨	Mittlere astronomische
Mittlere astronomische	⇦ Nutation ⇨	Momentane astronomische
Momentane astronomische	⇦ GAST ⇨	Momentane terrestrische
Momentane terrestrische	⇦ CTP ⇨	Konventionelle terrestrische (**CTS**)

Umrechnung zwischen den verschiedenen Koordinatesystemen

[M. Bauer,1997]

3.3. ZEITSYSTEME

Die Zeit ist für die Satellitengeodäsie von entscheidender Bedeutung, da
- die Position der Satelliten eine Funktion der Zeit ist,
- die Koordinaten von Punkten auf der Erde im astronomischen Koordinatensystem wegen der Erdrotation eine Funktion der Zeit sind.

Im folgenden Kapitel werden die für GPS-Messungen wichtigen Zeitsysteme und die Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Zeitsystemen vorgestellt.

3.3.1. SONNENZEIT – UNIVERSAL TIME (UT)

Das alltägliche Leben ist nach dem Stand der Sonne ausgerichtet. Auf Grund der Erdrotation „steigt“ und „sinkt“ die Sonne am Himmel. Durch Beobachtung der Sonnenhöchstständen an einem Beobachtungsort kann eine Zeiteinheit realisiert werden. Der Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgende Sonnenhöchstständen wird als *(wahrer) Sonnentag* bezeichnet. Um eine einheitliche Zeitskala für den gesamten Erdkörper zu bekommen wird dem Sonnenhöchststand am Meridian von Greenwich die Zeit 12:00 zugeordnet.

Da sich die Erde auf einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt, ist ihre Geschwindigkeit nach dem 2. Kepler’schen Gesetz abhängig von ihrer jeweiligen Position auf der Bahnellipse. Daraus folgt, dass der Sonnentag keine unveränderliche Größe ist. Aus diesem Grund wurde – abgeleitet aus der mittleren Sonnenbahn - der *mittlere Sonnentag* definiert. Das auf dem mittleren Sonnentag beruhende Zeitsystem wird als *mittlere Sonnenzeit* bezeichnet. Die mittlere Sonnenzeit für den Meridian von Greenwich wird *Weltzeit*, bzw. in englisch **Universal Time (UT)** genannt. UT wird von 50 weltweit verteilten Stationen aus astronomischen Beobachtungen abgeleitet und bezieht sich definitionsgemäß auf die augenblickliche Rotationsachse der Erde.

Polschwankungen beeinflussen UT, deshalb wird eine Reduktion von UT auf den konventionellen Pol (CTP) vorgenommen. Diese Reduktion führt zu einer Zeit, die **UT1** genannt wird. UT1 bezieht sich definitionsgemäß auf die aktuelle Erdrotation, eine mittlere Sonnenbahn und den mittleren Pol. UT1 entspricht damit der wahren Winkelgeschwindigkeit der Rotation des konventionellen terrestrischen Koordinatensystems (CTS) und ist deshalb für astronomisch–geodätische Ortsbestimmungen maßgebend.
[M. Bauer,1997]

3.3.2. STERNZEIT

Der Sterntag ist als Meridiandurchgang des Frühlingspunktes definiert. Der Winkel zwischen dem (momentanen) Frühlingspunkt und dem Meridian von Greenwich wird als **G**reenwich **A**pparent **S**ideral **T**ime (**GAST**) bezeichnet. Da sich die Richtung zum Frühlingspunkt auf Grund von Präzession und Nutation verändert, wird eine Reduktion auf den *mittleren Frühlingspunkt* vorgenommen (siehe oben).

Da sich die Erde auf ihrer Bahn pro Tag um etwa 1° (360°/365 Tage) fortbewegt, ist der mittlere Sterntag um 3’55,909“ kürzer als der mittlere Sonnentag.
[M. Bauer,1997; G. Seeber 1989]

3.3.3. ATOMZEIT

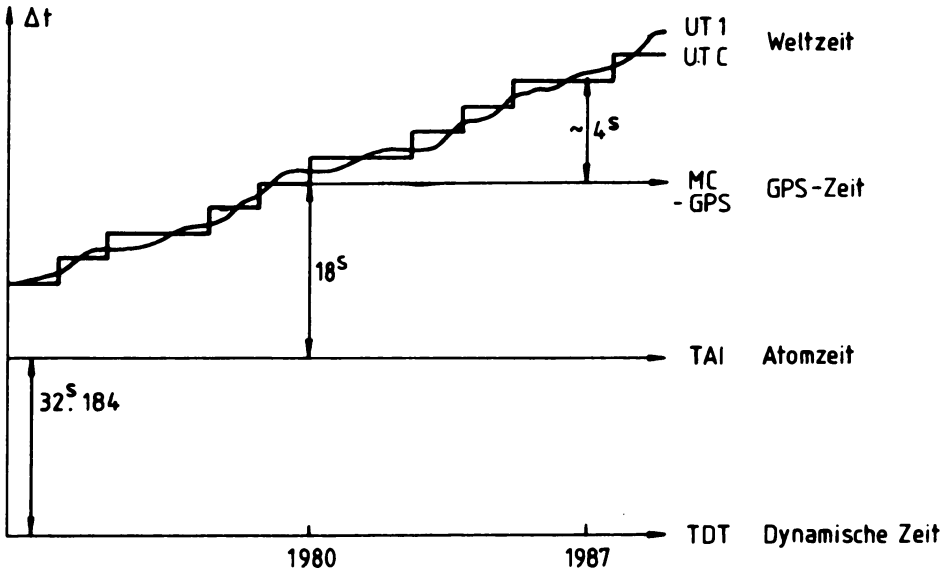
Die Erde ist ein Kreisel, ihre Rotationsgeschwindigkeit nimmt daher langsam ab. Außerdem können säkulare und periodische Schwankungen der Rotationsgeschwindigkeit festgestellt werden. Aus diesem Grund ist eine sehr exakte, von der Erdrotation unabhängige Zeiteinheit notwendig. Als genaueste Zeiteinheit gilt heute die 1967 von der Internationalen Kommission für Maße und Gewichte eingeführte Sekunde auf Grundlage der von einem Cäsium 133 Atom ausgesandten Strahlung (*SI-Sekunde*).

Daraus abgeleitete ist die *Atomzeit* **(TAI: Temps Atomic International)**. Der Nullpunkt der Atomzeitskala ist so gewählt, dass der mit UT zum 1. Januar 1958 übereinstimmt. TAI wird durch sogenannte „Atomuhren" realisiert.

Mit TAI steht eine exakte Zeiteinheit zur Verfügung. Auf Grund seiner Bedeutung für astronomische Zwecke kann auf die UT1 jedoch nicht verzichtet werden. Um die Vorteile von TAI nutzen zu könne und gleichzeitig der UT1 Rechnung zu tragen, wurde 1965 **UTC (Universal Time Coordinated)** eingeführt. Dabei wird der Zeitstrahl der „Atomuhren" an die UT1 Zeitskala angepasst. Auf Grund der unterschiedlichen Zeiteinheit wächst die Differenz zwischen UTC und UT1 ständig. Von daher wird UTC - durch einführen einer *Schaltsekunde* - gelegentlich an die UT1-Zeitskala angeglichen.
[M. Bauer,1997]

3.3.4. GPS-ZEIT

Bei GPS spielt die Signallaufzeit eine besondere Rolle. Aus diesem Grund wurde die **GPS-Zeit** geschaffen, die von System eigenen Atomuhren realisiert wird. Die Zeitskala stimmt mit der von UTC am 5. Januar 1980 überein. Da in die GPS-Zeit jedoch keine Schaltsekunden eingeführt werden, entsteht eine größer werdende Differenz zwischen UTC und GPS-Zeit. Die GPS-Zeit beruht ausschließlich auf den Systemuhren und kann sich von daher von TAI entfernen.



Zeitskalen in der Satellitengeodäsie

[G. Seeber 1989, M. Bauer 1997]

3.4. SATELLITENBAHNEN

Das Grundprinzip der GPS-Messung ist der räumliche Bogenschnitt, wobei die Positionen der Satelliten als Fixpunkte betrachtet werden. Dies setzt eine möglichst genaue Kenntnis der Satellitenposition voraus. Im folgenden Kapitel werden die Grundprinzipien der Satellitenbahnberechnung dargestellt.

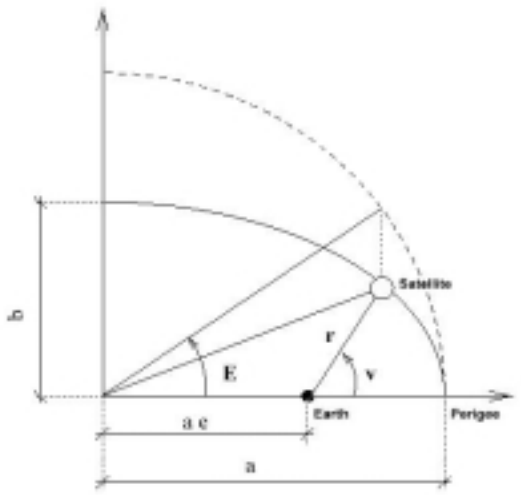
3.4.1. UNGESTÖRTE KEPLERBAHN

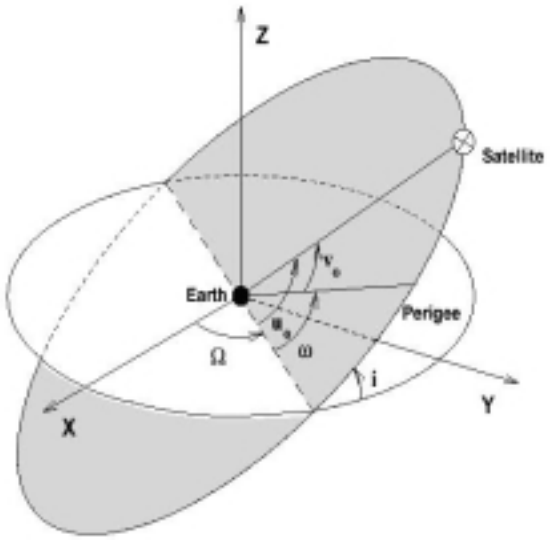
Die theoretische Grundlagen zu Beschreibung von Satellitenbewegungen um einen Himmelskörper schuf bereits 1609 Kepler. Zusammen mit den Gesetzen von Newton kann die (ungestörte) Bahn der GPS-Satelliten vollständig beschrieben werden.

Nach dem 1. Kepler'schen Gesetz ist die Satellitenbahn eine ***Ellipse*** in dessen Brennpunkt sich der Massenschwerpunkt der Erde (das Geozentrum) befindet. Die Geometrie einer Ellipsenbahn wird vollständig beschrieben durch die:
große Halbachse (a) und
kleine Halbachse (b)
Alternativ ist die Beschreibung durch die große Halbachse und die
numerische Exzentrizität (e) möglich.

Es gelten folgende Bezeichnungen:

Perigäum (Pe)	: Erdnächste Punkt der Ellipsenbahn
Apogäum (Ap)	: Erdfernste Punkte der Ellipsenbahn
Apsidenlinie	: Verbindungslinie zwischen Perigäum und Apogäum
Radiusvektor (r)	: Strecke zwischen Geozentrum und Satellit
exzentrische Anomalie (E)	: Winkel zwischen dem Perigäum und der Projektion des Satelliten auf den Scheitelkreis der Ellipse im Ellipsenmittelpunkt.
wahre Anomalie (ν)	: Winkel zwischen Satellit und Geozentrum im Geozentrum





Beschreibung der Satellitenbahn

Die Lage der Satellitenbahn im Raum wird in einem himmelsfesten-kartesischen Koordinatensystem beschrieben (siehe Kapitel 3.2 „Referenzsysteme“). Die räumliche Lage der Ellipse in diesem Koordinatensystem wird mit folgenden Winkeln beschrieben:

- Ω : *Rektazension des aufsteigenden Knotens*; Winkel zwischen der X-Achse und dem aufsteigenden Knoten, wobei der aufsteigende Knoten den Schnittpunkt der Bahnellipse mit der Äquatorebene bezeichnet.
- ω : *Argument des Perigäums*; Winkel zwischen der Äquatorebene und dem Perigäum.
- i : Bahnneigung oder *Inklination;* Winkel zwischen der Äquatorebene und der Ebene der Ellipsenbahn.

Ein weiterer wichtige Größe ist

- u : *Argument der Bereite*; ergibt sich aus Argument des Perigäums + wahre Anomalie ($u = \omega + \nu$)

Zur Beschreibung der Position eines Satelliten auf der Ellipsenbahn werden das 2. und 3. Kepler’sche Gesetz benötigt, die besagen:

(2) Der Radiusvektor eines Satelliten überstreicht in gleicher Zeit gleiche Flächen.
(3) Das Quadrat der Umlaufzeit eines Satelliten ist proportional zur dritten Potenz der großen Achse der Bahnellipse.

Zusätzlich wird das Newton’sche Gravitationsgesetz benötigt.

Berechnet werden müssen die:

U	: Zeit für einen Gesamtumlauf des Satelliten
M	: *Mittlere Anomalie*; der Winkel, der mit gleichmäßiger Winkelgeschwindigkeit während der Umlaufzeit des Satelliten von 0° auf 360° wächst.
E	: *Exzentrische Anomalie* (siehe oben)
X_S, Y_S	: Die Koordinaten der Satelliten

Für Details muss an dieser Stelle auf Fachliteratur wie Bauer, 1997 und Seeber 1989 verwiesen werden.

[M. Bauer, 1997; Handbuch zur Berner Software, Kapitel 8 „Satellite Orbits“ ab Seite 115; Vorlesungsskript GPS1]

3.4.2. GESTÖRTE KEPLERBAHN

In der Realität kann die Satellitenbahn nicht als ungestörte Keplerbahn angesehen werden. Insbesondere durch:

- die Abplattung der Erde an den Polen und die Wölbung im Bereich des Äquators,
- die ungleiche Dichteverteilung im Erdkörper und dem daraus resultierenden unregelmäßigen Schwerefeld,
- Einwirkung der Gravitation von Sonne und Mond,
- von „Sonnenwinden“ ausgehender Strahlendruck,
- Reibung in der Atmosphäre,

wird die Satellitenbahn gestört. Man spricht von der gestörten Keplerbahn.

Dies wird durch anbringen von „Störparametern“ berücksichtigt.
[M. Bauer,1997; R. Jäger, Vorlesungsskript GPS 1]

3.4.3. ORBITS

Es werden grundsätzlich zwei Arten von Satellitenbahndaten unterschieden, die *broadcast Orbits* und die *präzisen Orbits*.

Die broadcast Orbits werden von den Satelliten abgestrahlt. Sie werden von den militärischen Kontrollstationen aus zurückliegenden Beobachtungen extrapoliert. Die Ergebnisse stehen zwar in Echtzeit zur Verfügung, die Genauigkeit ist jedoch nicht besonders hoch. Dies ist zum einen durch die Extrapolation bedingt, zum anderen durch die geringeren Genauigkeitsansprüche der militärischen Nutzung.

Die präzisen Orbits werden von zivilen GPS-Diensten aus den originären Beobachtungen berechnet und dem Nutzer via Internet zur Verfügung gestellt. Dadurch wird eine erheblich höhere Genauigkeit erreicht, die Ergebnisse stehen aber erst nach einer gewissen Zeit zur Verfügung.

Nachstehende Tabelle zeigt eine Genauigkeitsabschätzung der Univärsität Bern. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass präzise Orbits nur für die Berechnung langer Baselines Sinn machen.

Orbitfehler [m]	Baseline Länge [km]	Baselinefehler [ppm]	Baselinefehler [mm]
2,5	1	0,1	-
2,5	10	0,1	1
2,5	100	0,1	10
2,5	1000	0,1	100
0,05	1	0,002	-
0,05	10	0,002	-
0,05	100	0,002	-
0,05	1000	0,002	0,5

Baselinefehler in Abhängigkeit vom Orbitfehler

Die folgende Tabelle vergleicht verschiedene Orbit-Typen nach Genauigkeit und Verfügbarkeit.

Orbit-Typ	Qualttät [m]	Verfügbarkeit [nach Zeit]	Verfügbarkeit [nach Quelle]
Broadcast Orbit	3,00	Echtzeit	Broadcast Message
CODE Predicted Orbits	0,20	Echtzeit	CODE via FTP
CODE Rapid Orbit	0,10	Nach 16 Stunden	CODE via FTP
IGS Ultra Rapid Orbit	0,15	Nach 3 Stunden	IGS Daten Zentren
IGS Rapid Orbit	0,10	Nach 19 Stunden	IGS Daten Zentren
IGS Final Orbit	0,05	Nach 13 Tagen	IGS Daten Zentren

Berechnungsqualität der Orbits 1996

Im Internet werden die Produkte wie folgt unterschieden:

CODwwwwd.erp_P	CODE Predicted Orbits
CODwwwwd.erp_R	CODE Rapid Orbits
CODwwwwd.erp	CODE Final Orbits

Bezeichnung der Orbits im Internet

[Handbuch zur Berner Software, Kapitel 8 „Satellite Orbits“ ab Seite 115]

3.5. GPS-SATELLITENSIGNAL

Um eine Echtzeitpositionierung mit möglichst geringem technischen Aufwand von Seiten des Nutzers zu ermöglichen, werden aktive Satelliten benötigt. In diesem Kapitel werden das Satellitensignal und verschiedenen Verarbeitungsmöglichkeiten beschrieben.

3.5.1. SIGNALSTRUKTUR

Die GPS-Satelliten sind mit hochpräzise Cäsium-Atomuhren ausgestattet. Diese generieren die *Grundfrequenz* von $f_0 = 10{,}23$ MHz ($\lambda_0 = 29{,}3$ m). Daraus werden die:

- Trägersignale,
- Pseudeo-random noise (PRN) codes,
- Navigationsnachricht,

abgeleitet.

3.5.1.1. TRÄGERSIGNALE

Es werden zwei Trägersignale im L-Band ausgesandt:

- L_1 mit $f_1 = 1575{,}42$ MHz bzw. $\lambda_1 = 24{,}43$ cm
- L_2 mit $f_2 = 1227{,}60$ MHz bzw. $\lambda_2 = 19{,}05$ cm

3.5.1.2. PRN-CODES

Die PRN-Codes haben zwei Funktionen. Einerseits sollen sie verhindern, dass jeder Nutzer die volle Genauigkeit des Systems ausschöpfen kann. Andererseits ist die Messung der „nackten“ Trägerwellen im Bereich einer Wellenlänge mehrdeutig. Dies stellt zumindest für jeden nicht-stationären Nutzer, der in Echtzeit orten möchte, ein unlösbares Problem dar.

Es werden der C/A- (Clear Access oder Coarse Acquisition) und der P-Code (Protected Code oder Precise Code) unterschieden.

Der C/A-Code hat eine Länge von 1 ms und steht jedem Nutzer uneingeschränkt zur Verfügung. Die Frequenz des C/A-Codes beträgt 1,023 MHz, daraus ergibt sich eine Mehrdeutigkeit des C/A-Codes von 293 m.

Der P-Code wiederholt sich erst nach 267 Tagen, er ist nur einem eingeschränkten Nutzerkreis zugänglich. Die Frequenz des P-Code beträgt 10,23 MHz, woraus sich eine „Wellenlänge“ von 29 m ergibt. Da sich der P-Code im Messzeitraum nicht wiederholt ist er eindeutig.

Die Trägerwelle L_1 wird sowohl C/A- , als auch P-codiert, die Trägerwelle L_2 wird nur P-Codiert.

Für geodätischen Anwendungen ist die, durch Auswertung der Codemessungen, erreichbare Genauigkeit nicht ausreichend. Codemessungen werden verwendet um gute Näherungskoordinaten zu berechnen. Für die endgültige Lösung werden die originären Trägerwellen rekonstruiert und die, bereits angesprochenen Mehrdeutigkeiten (*Ambiguities*), in aufwendigen Rechenroutinen gelöst.

3.5.1.3. NAVIGATIONSNACHRICHT

Die Navigationsnachricht enthält alle Informationen, die neben den Strecken von den Satelliten zum Empfänger zur Echtzeitpositionierung benötigt werden. Sie spaltet sich in drei Blöcke:

- Datenblock 1 enthält die Uhrparameter,
- Datenblock 2 beinhaltet die Broadcast Ephemerides,
- Datenblock 3 stellt den UTC-Almanach, die Ionosphäre und Sonderinformationen bereit.

Die Navigationsnachricht wird mit 50 Hz auf die Trägerwellen aufmoduliert. Sie ist 1500 Bit lang, daher dauert ihre Übertragung 30 Sekunden.

[M. Bauer,1997; M. Illner, GPS-Bilanz 1994; G. Seeber 1989]

3.5.2. LINEARKOMBINATIONEN

Die GPS-Signale werden auf zwei Frequenzen ausgesandt, um aus der unterschiedlichen Laufzeitverzögerung, die Refraktion in der Ionosphäre berechnen und ihren Einfluss eliminieren zu können. Durch geschickte Kombination der Trägerwellen können neue virtuelle Wellen mit speziellen Eigenschaften, sogenannte Linearkombinationen, geschaffen werden. Neben den Linearkombinationen zur Berechnung und Elimination der Ionosphäre wurden Weitere definiert, die als Hilfsmittel zur Lösung der Phasenmehrdeutigkeiten (Ambiguities) dienen.

3.5.2.1. ALLGEMEIN

Die allgemeine Form der Linearkombination von zwei Phasenmessungen lautet:

A) Darstellung in Metern

$$\Phi_{a1,a2} := a_1 \cdot \Phi_1 + a_2 \cdot \Phi_2 \qquad 3.5\text{-}1$$

Φ_1, Φ_2 Phasenmessungen der L_1 bzw. L_2 in Metern
a_1, a_2 Koeffizienten der Linearkombination

B) Darstellung in Phasenzyklen

$$L_{n,m} := n \cdot L_1 + m \cdot L_2 \qquad 3.5\text{-}2$$

L_1, L_2 Phasenmessungen der L_1 bzw. L_2 in Phasenzyklen

$$n = a_1 \cdot \frac{\lambda_{a1,a2}}{\lambda_1} \qquad 3.5\text{-}3$$

$$m = a_2 \cdot \frac{\lambda_{a1,a2}}{\lambda_2} \qquad 3.5\text{-}4$$

λ_1, λ_2 Wellenlängen der Trägerwellen L_1 und L_2

Die Frequenz $f_{a1,a2}$ und die Wellenlänge $\lambda_{a1,a2}$ lassen sich berechnen mit

$$f_{a1,a2} = a_1 \cdot f_1 + a_2 \cdot f_2 \qquad 3.5\text{-}5$$

und

$$\lambda_{a1,a2} = \frac{c}{f_{a1,a2}} = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{a_1 \cdot \lambda_1 + a_2 \cdot \lambda_2} \qquad 3.5\text{-}6$$

f_1, f_2 Frequenz der Trägerwellen L_1 und L_2

Die Standardabweichung der Linearkombination $\sigma_{a1,a2}$ und der Verstärkungsfaktor der Ionosphäre V_{iono} werden berechnet mit

$$\sigma_{a1,a2} = \lambda_{a1,a2} \cdot \sqrt{a_1^2 + a_2^2} \cdot 0{,}01[cyc] \qquad 3.5\text{-}7$$

und

$$V_{iono} = \frac{a_1 \cdot f_2 + a_2 \cdot f_1}{f_{a1,a2}}. \qquad 3.5\text{-}8$$

Die Ambiguities der Linierkombinationen können auf Basis der Ambiguities der Trägerwellen N_1 und N_2 wie folgt berechnet werden

$$N_{a1,a2} = a_1 \cdot N_1 + a_2 \cdot N_2. \qquad 3.5\text{-}9$$

3.5.2.2. IONOSPHÄRENFREIE LINEARKOMBINATION (L_3)

Aufgabe der L_3 Linearkombination ist das Berechnen von Ambiguities, die frei von ionosphärischen Störeinflüssen sind. Nachteile diese ionosphärenfreien „Welle“ sind die gegenüber den Trägerwellen etwa dreimal größere Standardabweichung und die Lösung der Ambiguities als Realzahl. Die reine L_3-Lösung eignet sich daher vor allem für mittlere Baselines. In der Berner Software kommt L_3 im Rahmen der QIF- und SIGMA-Lösungsstrategien für lange Baselines zum Einsatz.

3.5.2.3. “WIDE LANE“ LINEARKOMBINATION (L_5)

Die Wellenlänge der L_5 Linearkombination ist etwa 4 mal so groß wie die der Trägerwellen, die Ambiguities der L_5-Lösung sind ganzzahlig. Von daher ist die „wide lane“ dazu geeignet die Ambiguitie Lösung zu beschleunigen. Auf Grund der ungünstigen Standabweichung kann die L_5-Lösung nicht als endgültiges Ergebnis, sondern nur im Rahmen eines Lösungskonzepts wie z.B. der SIGMA-Srategie verwendet werden.

3.5.2.4. „NARROW LANE“ LINEARKOMBINATION (L_Σ)

Mit der “narrow lane” wurde eine sehr kurze Welle mit minimaler Standardabweichung definiert. Die L_Σ-Ambiguities sind ganzzahlig. L_Σ kann zur Berechnung lokaler Netze mit hoher Genauigkeit oder im Rahmen einer mehrstufigen Lösungsstrategie verwendet werden. Die „narrow lane“ kommt in der Berner Software im Rahmen der SIGMA-Strategie zum Einsatz.

3.5.2.5. GEOMETRIEFREIE LINEARKOMBINATION (L_4)

Die L_4-Linearkombination ist frei von Fehlern der Satellitenbahnen, Satelliten- und Empfängeruhrfehlern sowie fehlerhaften Näherungskoordinaten. Die L_4-Linearkombination ist nicht zur Berechnung von Koordinaten geeignet, da die Koordinaten nicht mehr in der Verbesserungsgleichung auftreten. Sie kann zur Schätzung des Elektronengehalts in der Ionosphärenmodellen verwendet werden.

3.5.2.6. ZUSAMMENSTELLUNG DER WICHTIGSTEN LINEARKOMBINATIONEN

Gängige Bezeichnung	a_1	a_2	n	m	$\lambda_{a1,a2}$ [cm]	σ_λ [mm]	V_{iono}	Ambiguities*
L_1	1	0	1	0	19,0	1,9	0,779	N_1
L_2	0	1	0	1	24,2	2,4	1,283	N_2
L_5 wide lane	1	-1	$\frac{f_1}{f_1 - f_2}$	$-\frac{f_2}{f_1 - f_2}$	86,2	12,1	-1,000	N_{NL}
L_Σ Narrow lane	1	+1	$\frac{f_1}{f_1 - f_2}$	$\frac{f_2}{f_1 - f_2}$	10,7	1,5	+1,000	N_{WL}
L_3 Iono. free	1	$-\lambda_1/\lambda_2$	$\frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2}$	$-\frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}$	48,5	6,1	0,000	R_{IF}
L_4	1	$-\lambda_2/\lambda_1$	1	-1	∞	3,4	∞	R_{L4}

*N = ganzzahlig; R = nicht ganzzahlig

[M. Vogel, GPS-Leistungsbilanz 1994; R. Jäger, Vorlesungsskript GPS 2; M. Bauer 1997]

3.5.3. DIFFERENZBILDUNG

Die Phasenmessungen werden über die geometrische Methode ausgewertet. Dafür ist es notwendig über den gesamten Messzeitraum die Anzahl der Phasendurchgänge zu registrieren. Auf Grundlage der zeitlichen Veränderung des Satelliten auf seiner Bahn und der Summe der ganzen Wellenlängen werden die Phasenmehrdeutigkeiten gelöst. Kommt es zu einer Unterbrechung der Beobachtung, muss mit dem Zählen der Phasendurchgänge neu begonnen werden; man spricht vom *Phasensprung* oder *Cycle-Slip*. Ursache für einen Cycle-Slip können unter anderem Sichtunterbrechungen zwischen Satellit und Empfänger, ionosphärische Störungen und Mehrwegeffekte sein. Ein Hilfsmitte beim Aufspüren von Phasensprünge ist die Differenzbildung (siehe auch Kapitel 4.8.5. „Aufspüren von Phasensprüngen“).

Einfachdifferenz

Die Beobachtungsgleichung der Phasenmessung beinhaltet neben der Entfernung zwischen dem Satelliten und dem Empfänger noch

- Korrekturen wegen der ionosphärischen Refraktion
- Korrekturen wegen der troposphärischen Refraktion
- Korrekturen wegen relativistischer Effekte
- Uhrfehler des Empfängers
- Uhrfehler des Satelliten
- Phasenmehrdeutigkeiten
- Signalrauschen

Für kleine Netze kann davon ausgegangen werden, dass simultan laufende Empfänger die gleichen Satelliten empfangen, damit auch die gleichen Uhrfehler. Durch bilden der *Empfänger Einfachdifferenz (**Baseline**)* fallen diese also weg. Entsprechendes gilt für die *Satelliten Einfachdifferenz*. Zusätzlich werden die atmosphärischen Störgrößen erheblich reduziert.

Doppeldifferenz

Bildet man sowohl die Differenz zu einer Referenzstation, als auch zu einem Referenzsatelliten, ist die Rede von der Doppeldifferenz. Diese ist nun frei von jeglichen Uhrfehlern, auch die anderen Störeinflüsse sind auf ein geringes Maß reduziert. Die Doppeldifferenz stellt also in der zeitlichen Folge eine glatte Funktion dar, in der sich ein Phasensprung als Unstetigkeit bemerkbar macht. Eine Schwierigkeit besteht darin, den Phasensprung vom Signalrauschen zu unterscheiden und einen entdeckten Phasensprung dem Satelliten zuzuordnen.

Dreifachdifferenz

Dreifachdifferenzen sind Differenzen der Doppeldifferenzen nach Epochen. Phasensprünge treten hier besonders deutlich hervor.

[M. Vogel, GPS-Leistungsbilanz 1994; M. Bauer, 1997]

3.5.4. MEHRWEGEFFEKTE

Häufig wird das vom Satelliten ausgesandte Signal an Flächen in der Umgebung des GPS-Empfängers reflektiert. Es erreicht das Phasenzentrum der Antenne sowohl auf direktem Weg, als auch über Umwege. Beide Signale überlagern sich und bilden ein Summensignal. Dies geschieht nach den physikalischen Gesetzen der Interferenz von elektro-magnetischen Wellen. Die so genannten Mehrwegeffekte verschlechtern das Messergebnis. Die Stärke der Verfälschung hängt von der Dämpfung des reflektierten Signals ab.

Bei Untersuchungen des „Department of Geomatic Engineering“ des University Colleg in London konnten auch bei Messungen auf dem Dach der Universität signifikante Einflüsse von Mehrwegeffekten festgestellt werden. Ebenfalls deutlich zu erkennen war, dass Satelliten

- mit niedrigem Elevationswinkel größere Mehrwegeffekte
- mit großem Elevationswinkel kleinere Mehrwegeffekte

aufweisen.

3.5.4.1. ELEVATIONSABHÄNGIGE GEWICHTUNG DER BEOBACHTUNGEN ZUR REDUKTION VON MEHRWEGEFFEKTEN

Die Mehrwegeffekte sind elevationsabhängig. Eine einfache und effektive Methode ihren Einfluss auf das Ergebnis zu reduzieren besteht also darin, Beobachtungen mit niedriger Elevation geringer zu gewichten. In der Berner Software erfolgt die Gewichtung $\cos(Z)^2$ - abhängig.

3.5.4.2. SNR-METHODE UND SIGMA-Δ MODELL ZUR REDUKTION VON MEHRWEGEFFEKTEN

Bei der *Signal-To-Noise-Relation* (***SNR***) -Methode wird aus der Relation von Signalstärke zu antennencharakteristischen Störrauschen eine gewichtete Kleinste-Quadrate-Ausgleichung gerechnet. Es werden die Mehrweg-Einflüsse bestimmt und das empfangene Signal entsprechend korrigiert. Dieser Algorithmus ist seit 1996 in der GASP-Software implementiert. Er ermöglicht eine Genauigkeitssteigerung um 20 – 35 %.

Bei der ***Sigma-Δ-Methode*** werden Mehrwegeffekte auf Grundlage der Antennentemplate aufgespürt. Dabei handelt es sich um das elevationsabhängige Signal-Rasch-Verhältnis (C/N_0-Wert) einer bestimmten Empfänger-Antennen-Kombination. Weicht der C/N_0-Wert einer Beobachtung signifikant von der Anrtennentemplate ab, wird diese - abhängig vom Maß der Abweichung – abgewichtet. Die Sigma-Δ-Methode ist in die Berner Software implementiert.

3.5.4.3. SNR-METHODE UND ELEVATIONSABHÄNGIGE GEWICHTUNG DER BEOBACHTUNGEN

Durch Kombination der zuvor erläuterten Methoden kann der Höhenfehler um bis zu 44% reduziert werden.

[Hartinger, Grillmayer, Brunner, 1999; Barnes, Ackroyd, Cross, 1998; M. Bauer 1997]

3.6. ATMOSPHÄRISCHE STÖRGRÖßEN

Die von den GPS-Satelliten ausgesandten elektro-magnetische Wellen werden von Antennen auf der Erdoberfläche empfangen. Durch Code- oder Phasenmessung wird die Strecke, die das Signal zurückgelegt hat, ermittelt. Diese Strecke wäre eindeutig, wenn die Erdatmosphäre homogen, unveränderlich und ein Vakuum wäre. Die Atmosphäre ist aber inhomogen und darüber hinaus zeitlichen Veränderungen unterworfen. Deshalb muss beurteilt werden, welche Medien das GPS-Signal beeinflussen, und wie diese Störungen ermittelt bzw. modelliert werden können.

Die Erdatmosphäre kann nach äußerst unterschiedlichen Kriterien aufgeteilt werden, z.B. nach Temperatur, Ionisierung, Magnetfeld, Gaszusammensetzung und technischer Nutzung. Es erscheint sinnvoll, abweichend von den vorgenannten Beispielen, eine Unterscheidung in, für das GPS-Signal, dispersive und nicht dispersive Medien vorzunehmen.

Im unteren Teil der Atmosphäre wird die Wellenausbreitung vor allem durch Wasserdampf, Temperatur und Luftdruck beeinflusst. Im Wesentlichen sind die Moleküle und Atome der Schichten bis ca. 50 km nicht elektrisch geladen und stellen von daher für das GPS-Signal kein dispersives Medium dar. Dieser Teil der Atmosphäre wird in der GPS-Literatur als *Troposphäre* bezeichnet.

Im oberen Teil der Atmosphäre, ab etwa 50 km, überwiegen elektrisch geladene Teilchen. Die so genannte *Ionosphäre* stellt für das GPS-Signal ein dispersives Medium dar.
[M. Bauer, 1997; G. Seeber, 1989]

3.6.1. IONOSPHÄRISCHE REFRAKTION

3.6.1.1. IONOSPHÄRE

Durch die Ultraviolette- und Röntgenstrahlung der Sonne werden von den Gasmolekülen in der Ionosphäre Elektronen abgespalten, es bleiben freie Elektronen und positive Ionen zurück. Das Maß der Ionisierung hängt also unmittelbar von der Sonnenaktivität ab und geht daher in der Nacht weitgehend zurück. Die Ionosphäre setzt sich aus verschiedenen Gasen zusammen, die, in Abhängigkeit der Energie der Strahlung, in unterschiedlichen Höhen ionisiert werden. Dies führt zu einem schichtartigem Aufbau der Ionosphäre. Die Schichten werden nach der *Anzahl der Elektronen pro m³* unterschieden. Neben der Ortszeit ist das Maß der Ionisierung noch von der Jahreszeit und dem Ort - insbesondere von der geographischen Breite - abhängig. Bei den Effekten in der Ionosphäre spielt auch das Erdmagnetfeld eine wichtige Rolle.

3.6.1.2. ALLGEMEINES

Die komplizierten Beeinflussungen in der Ionosphäre führen zu zwei Phänomenen die unter dem Begriff *ionosphärische Refraktion* zusammengefasst werden:

- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektro-magnetischen Welle weicht von der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ab.
- Der Weg des Signals ist keine Gerade, sondern eine Raumkurve.

Als Refraktion bezeichnet man die Brechung elektro-magnetischer Wellen beim Übergang zwischen Medien mit unterschiedlichem Brechungsindex. Es wird der *Phasenbrechungsindex* und der *Gruppenbrechungsindex* unterschieden. Der Phasenbrechungsindex (n_p) bezieht sich auf eine monochromatische, einer festen Frequenz zugehörigen Welle, die sich mit der Phasengeschwindigkeit (v_p) ausbreitet. GPS-Signale bestehen aus der Überlagerung benachbarter Frequenzen, man spricht von einer Wellengruppe, die sich mir der Gruppengeschwindigkeit (v_g) ausbreitet und für die der Gruppenbrechungsindex (n_g) gilt. Der Phasen- und Gruppenbrechungsindex des GPS-Signals in der Ionosphäre unterscheiden sich, man spricht von einem dispersiven Medium.

In guter Näherung können Phasen- und Gruppenbrechungsindex wie folgt dargestellt werden:

$$n_P \approx 1 - \frac{\alpha \cdot n_e}{f^2} \qquad 3.6\text{-}1$$

$$n_g \approx 1 + \frac{\alpha \cdot n_e}{f^2} \qquad 3.6\text{-}2$$

α	Konstante = $40{,}3 \cdot 10^{16}$m s^{-2} $TECU^{-1}$
n_e	Anzahl der Elektronen pro m³
f	Frequenz der Trägerwelle

Es fällt auf, dass sich die n_p und n_g nur hinsichtlich des Vorzeichens unterscheiden.

Auf die Phasenmessungen ist der Phasenbrechungsindex, auf die Codemessungen der Gruppenbrechungsindex anzuwenden.

3.6.1.3. TOTAL ELECTRON CONTENT (TEC)

TEC bezeichnet die gesamte Anzahl der freien Elektronen die in einem Zylinder mit einer Grundfläche von 1 m² entlang des Signalweges vom Satelliten (S) zum Empfänger oder Receiver (R) enthalten sind. Der TEC wird in TEC Units (TECU) angegeben, wobei 1 TECU 10^{16} Elektronen pro Quadratmeter entspricht (10^{16}/m²). Der TEC kann berechnet werden mit

$$TEC = \int_R^S n_e(s)\, ds \qquad 3.6\text{-}3$$

Die Umrechnung in die Vertikale erfolgt mit

$$VTEC = TEC \cdot \cos z' \qquad 3.6\text{-}4$$

z' Zenitwinkel im ionosphärischen Durchstoßpunkt (Berechnung siehe 3.6-7)

Um den gesamten Effekt der ionosphärischen Refraktion auf die Beobachtung zu erhalten muss man die Gleichung 3.6-1 bzw. 3.6-2 integrieren. (Index „I“ für Ionosphäre, da $|n_g| = |n_p|$)

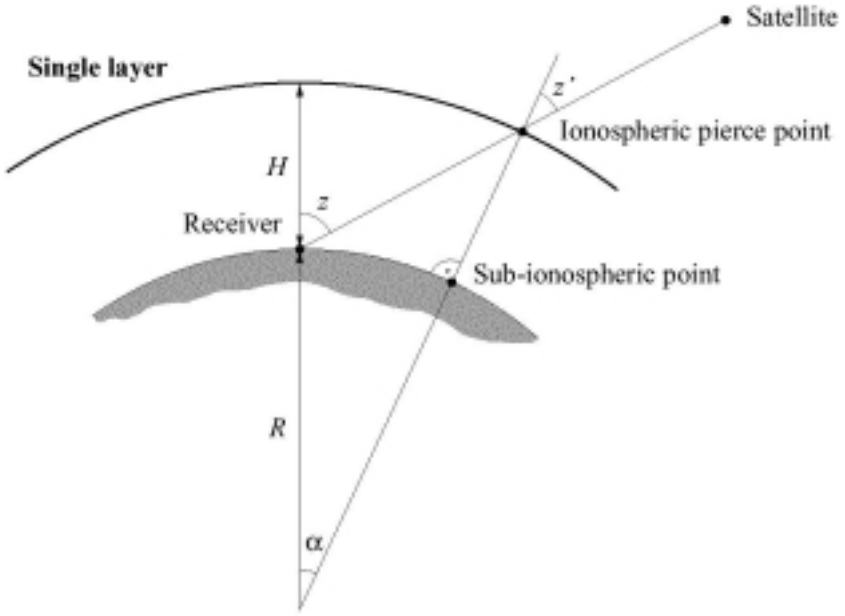
$$\Delta_{t\,ion} = \int_S (n_I - 1)\, ds = \mp \frac{\alpha \cdot TEC}{f^2} \qquad 3.6\text{-}5$$

Aus 3.6-4 und 3.6-5 ergibt sich

$$\Delta_{t\,ion} = \mp \frac{\alpha \cdot VTEC}{\cos z' \cdot f^2} \qquad 3.6\text{-}6$$

Um den VTEC unabhängig von Satelliten- und Empfängerposition verwenden zu können, wird er einer infinitesimal dünnen Schicht – der Ionosphärenschicht - zugeordnet. Dieser so genannte *Single-Layer* wird bei den aktuellen *IGS-Ionosphärenmodellen* für eine Höhe von 450 km berechnet; dieser Wert kann aber variieren.

Die nachstehende Grafik verdeutlicht das Prinzip des Single-Layer.



Single-Layer-Modell

R	Erdradius
H	Höhe des Single Layer
z	Zenitwinkel

De Zenitwinkel im ionosphärischen Durchstoßpunkt berechnet sich wie folgt

$$\sin z' = \frac{R}{R+H} \sin z \qquad 3.6\text{-}7$$

3.6.1.4. ZWEIFREQUENZMESSUNG

Steht kein Ionosphärenmodell zur Verfügung, kann der Einfluss der Ionosphäre mit der geometriefreien Linearkombination (L_4) berechnet werden. Des weiteren kann mit der ionosphärenfreien Linearkombination (L_3) eine Lösung berechnet werden, die frei von den ionosphärischen Störgrößen ist (siehe Kapitel 3.5.2 „Linearkombinationen“).
[M. Bauer, 1997; G. Seeber 1989; B. Heck, GPS-Leistungsbilanz 1994; Handbuch zur Berner Software, Kapittel 13 „Ionosphere Modelling and Estimation“ ab Seite 186]

3.6.2. TROPOSPHÄRISCHE REFRAKTION

3.6.2.1. ALLGEMEIN

Im Gegensatz zur Ionosphäre enthält die Troposphäre so gut wie keine freien Elektronen und Ionen. Sie stellt für Frequenzen kleiner als 15 GHz kein dispersives Medium dar. Phasen- und Gruppenbrechungsindex sind gleich und können als Funktion des Luftdrucks, der Temperatur und des Wasserdampfgehalts dargestellt werden.

Die Brechzahl der Troposphäre N_T kann mit der folgenden empirischen Formel beschrieben werden:

$$N_T = K_1 \cdot \frac{P_d}{T} + K_2 \cdot \frac{e}{T} + K_3 \cdot \frac{e}{T^2} \qquad 3.6\text{-}8$$

P	Luftdruck in Hektopascal
e	Partialdruck des Wasserdampfs in Hektopascal
P_d = P-e	Druck des trockenen Gases
T	Temperatur in Grad Kelvin
K_1, K_2, K_3	experimentell bestimmte Konstanten

Der erste Term stellt die sogenannte „*trockene*“ Komponente dar. Er macht etwa 90% der troposphärischen Refraktion aus. Die Gesetzmäßigkeiten, mit denen Temperatur und Luftdruck mit zunehmender Höhe abnehmen, sind gut bekannt. Von daher kann die trockene Komponente mit vergleichsweise großer Zuverlässigkeit modelliert werden.

Der zweite und dritte Term werden zur sogenannten „*feuchten*“ Komponente zusammengefasst. Sie machen gemeinsam nur etwa 10% der troposphärischen Refraktion aus. Die Gesetzmäßigkeiten, mit der sich der Wasserdampf in der Atmosphäre verteilt, sind sehr kompliziert und daher nur schwer zu Modellieren.

Die N_T wird oft als Produkt der „dry“ und „wet“ Brechzahl dargestellt

$$N_T = N_D + N_W \qquad 3.6\text{-}9$$

Nach ***Essen und Froome*** gilt:

$$N_D = 77{,}64 \cdot \frac{p}{T} \quad \text{und} \quad N_W = -12{,}96\frac{e}{T} + 3{,}718 \cdot 10^5 \frac{e}{T^2} \qquad 3.6\text{-}10$$

Die am Beobachtungsort erfassten meteorologischen Daten sind, auf Grund der starken räumlichen und zeitlichen Schwankungen in der Troposphäre, nicht repräsentativ. Von daher eigen sich „kalibrierbare“ Troposphärenmodelle nicht zur Verbesserung der Beobachtungen.

Die Beeinflussung des GPS-Signals in der Troposphäre ist direkt abhängig vom Weg und damit indirekt vom Zenitwinkel. Es kann gezeigt werden, dass die troposphärische Refraktion im Zenit am Kleinsten ist, mit kleiner werdendem Zenitwinkel wächst und im Horizont ihr Maximum erreicht. Die Zunahme ist ungefähr proportional zu 1/cos Z, woraus folgt, dass

Beobachtungen zu flach stehenden Satelliten übermäßig stark verfälscht werden. Üblicherweise werden deshalb Beobachtungen zu Satelliten mit einer Elevation < 15° nicht verwendet.

Auf Grundlage der oben genannten Zusammenhänge wurden verschiedene empirische Modelle zur Bestimmung der troposphärischen Refraktion entwickelt. Durchgesetzt haben sich vor allem die Troposphärenmodelle von ***Hopfield*** und ***Saastamoinen***.
[B. Heck, GPS-Leistungsbilanz 1994; G. Seeber 1989, M. Bauer 1997]

3.6.2.2. MODELL VON HOPFIELD

$$\Delta_r = \frac{K_D}{\sin\sqrt{E^2 + 1{,}5^2}} + \frac{K_W}{\sin\sqrt{E^2 + 1{,}5^2}}$$

mit

$$K_D = 77{,}6\frac{P}{T}[40136 + 148{,}72(T - 273{,}16) - h]2 \cdot 10^7$$

$$K_W = 77{,}6\frac{4810e}{T^2}(1100 - h)2 \cdot 10^7$$

Δ_r Korrektur einer Entfernungsbeobachtung
E Höhenwinkel des Satelliten in Grad
H Stationshöhe in Metern
P atmosphärischer Druck in mbar
e Partialdampfdruck in mbar
T Temperatur in ° Kelvin

[M. Bauer,1997]

3.6.2.3. MODELLE VON SAASTAMOINEN UND BAUERŠIMA

$$\Delta_r = \frac{0{,}002277}{\cos Z}\left[p + \left(\frac{1255}{T} + 0{,}05\right)e - \tan^2 Z\right] \qquad \text{Saastamoinen}$$

$$\Delta_r = \frac{0{,}002277}{\cos Z}\left[p + \left(\frac{1255}{T} + 0{,}05\right)e - B \cdot \tan^2 Z\right] + \delta R \qquad \text{Baueršima}$$

Z Zenitwinkel des Satelliten in Grad
B Funktion der Stationshöhe
δR abhängig von Höhe und Elevation des Satelliten
P, e, T siehe Hopfield

[Handbuch zur Berner Software, Kapitel 12 „Troposphere Modelling and Estimation“ ab Seite 175]

3.6.2.4. TROPOSPHÄRENMODELLIERUNG IN DER BERNER SOFTWARE

In der Berner Software 4.2 kann die troposphärische Refraktion mit folgenden Modellen berechnet werden:

- Saastamoinen Modell,
- Modifiziertes Hopfield Modell,
- Differentielles Refraktions-Modell basierend auf der Formel von Essen und Froome.

Das Modelle von Saastamoinen kann darüber hinaus auch lediglich für die trockenen Komponente benutzt werden. Als Standardmodell wird im Handbuch zur Bernern GPS Software das Modell von Saastamoinen empfohlen. Es besteht die Möglichkeit, gemessene Werte für Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit in das Modell einzuführen, oder die Werte eines Standard-Atmosphärenmodells zu verwenden.
[Handbuch zur Berner Software, Kapitel 12 „Troposphere Modelling and Estimation“ ab Seite 175]

3.6.2.5. EFFEKTE DER TROPOSPHÄRISCHEN REFRAKTION

Es wird zwischen dem absoluten und dem relativen troposphärischen Fehler unterschieden.

Absoluter troposphärischer Fehler

Durch unmodellierte troposphärische Effekte, die sich an Anfangs- und Endpunkt einer Baseline gleich auswirken, entsteht ein Maßstabseffekt. Dieser ist klein und kommt erst ab einer Baselinelänge von etwa 20 km zum tragen.

Relativer troposphärischer Fehler

Durch unmodellierte troposphärische Effekte, die nur an einem Endpunkten einer Baseline auftreten, entsteht ein Höhenfehler. Er ist unabhängig von der Baselinelänge. Ein relativer troposphärischer Fehler von nur 1 cm führt zu einem Höhenfehler von etwa 3 cm.

Zusammenfassung

Bei kleinräumigen, relativen GPS-Anwendungen kann davon ausgegangen werden, dass die troposphärischen Effekte an Anfangs- und Endpunkt der Baseline nahezu gleich sind und durch Differenzbildung herausfallen. Unabhängig von der Baselinelänge wirkt sich die troposphärische Refraktion hauptsächlich auf der Höhe aus. Die GPS-Höhe ist daher etwa 1,5 mal schlechter als die GPS-Lage.
[Handbuch zur Berner Software, Kapitel 12 „Troposphere Modelling and Estimation“ ab Seite 175 ; R. Jäger, Vorlesungsskript GPS 2; B. Heck, GPS-Leistungsbilanz 1994]

3.7. INTERNATIONAL GPS SERVICE FOR GEODYNAMICS (IGS)

Das NAVSTAR-GPS wurde dafür konzeptioniert, militärischen Anwendern schnell und einfach weltweit eine "genaue" Positionierung zu ermöglichen. Sehr früh schon erkannten Geodäten und Geophysiker das Potential des Systems und begannen es für geowissenschaftliche Zwecke zu nutzen. Schnell wurde klar, dass die vom Systembetreiber zur Verfügung gestellten Daten - insbesondere die Bahndaten - für die wissenschaftlichen Genauigkeitsansprüche nicht ausreichend waren. Die Berechnung hochgenauer Daten macht allerdings nur in einem weltweit einheitlichem System Sinn. Da dies eine einzelne Institution nicht leisten kann, schlossen sich die weltweit führenden mit GPS beschäftigten Geowissenschaftler zusammen und riefen den IGS ins leben.

3.7.1. ORGANISATION DES IGS

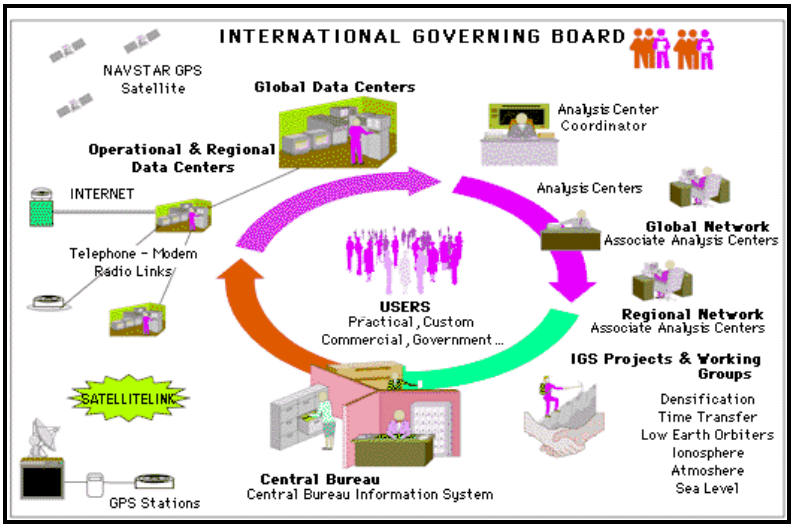
Der IGS ist ein Dienst, der sich zum Ziel gesetzt hat:

„GPS-gestützte Forschungsaktivitäten im Gebiet der Geodäsie und der Geophysik durch Bereitstellen von Beobachtungen eines weltweiten Netzes von permanenten GPS-Stationen und durch Anbieten hochgenauer GPS-Bahnen samt zugehöriger Erdrotationsparameter zu unterstützen."

Die Zielsetzung ist in den „*terms of reference*", den Statuten des IGS festgelegt.

Zurück geht der IGS auf eine Initiative von Prof. I.I. Mueller am IAG[11)] General Meeting 1989 in Edinburgh. Über 50 wissenschaftliche Institute und staatliche Vermessungsorganisationen bauten bis zur IGS Testkampagne Mitte 1992 ein internationales Netzwerk auf. Es setzt sich zusammen aus:

- Permanenten Beobachtungsstationen (*GPS Stations)*
- Operationellen, regionalen, globalen Datenzentren (... *Data Centers*)
- IGS Rechenzentren (*Analysis Centers*)
- Assoziierte IGS Rechenzentren (*Associate IGS Analysis Centers*)
- Koordinator der Analysezentren (*IGS Analysis Center Coordinator*)
- IGS Zentralbüro (*IGS Central Bureau*)



Organisation des IGS

11) **IAG**: International Association of Geodesy

Im August 1993 wurde der IGS offiziell durch die IAG anerkannt, seit dem 1. Januar 1994 werden die offiziellen IGS Produkte berechnet.

Heute besteht das internationalen Netzwerk aus annähernd 200 *Beobachtungsstationen* ausgestattet mit 2 Frequenz GPS Empfängern.

Es gibt mehr als ein Dutzend *operationale Datenzentren.* Diese befinden sich in der Regel direkt bei den Beobachtungsstationen und haben die Aufgabe, eine Qualitätskontrolle der Daten und deren Umwandlung ins RINEX-Format (siehe Kapitel 4.7 „Eingabedateien“) vorzunehmen.

Den *regionalen Datenzentren* kommt eine Sammel- und Verteilfunktion zu. So sollen sie die Belastung des Datennetzes minimieren.

Die 3 *globalen Datenzentren* stellen alle Beobachtungsdaten, sowie die Produkte der Rechenzentren den Nutzern online zur Verfügung.

Die 7 *IGS-Rechenzentren* bestimmen täglich Satellitenbahnen, Erdrotations- und Uhrparameter. Auch berechnen sie jährlich Koordinaten und Punktgeschwindigkeiten.

Assoziierte Rechenzentren können kurzfristig die Aufgaben eines globalen Rechenzentrums übernehmen, ihre Hauptaufgabe liegt jedoch in der Berechnung spezieller Produkte wie z.B. Ionosphären- oder Troposphärenmodellen.

Der *Koordinator* ist für die Qualitätskontrolle verantwortlich.

Das *IGS Zentralbüro* ist das zentrale Überwachungs- und Koordinierungsorgan. Es ist beim Jet Propulsion Laborotory (JET) angesiedelt.

Geleitet wird der IGS durch das 15 köpfige *Governing Board*. Den Vorsitz des Komitees hat G. Beutler, von Astronomischen Institut der Uni Bern.

Der Datentransfer wird seit den Anfängen des IGS über das Internet abgewickelt. Zu Beginn stand FTP im Vordergrund, der wachsenden Gemeinde der IGS Nutzer werden die Daten aber neuerdings auch immer häufiger über WWW zur Verfügung gestellt.
[G. Beutler & R. Weber, GPS-Leistungsbilanz 1994; http://igscb.jpl.nasa.gov/]

3.7.2. IGS-PRODUKTE

Referenziert auf das ITRF werden von den Datenzentren des IGS folgende Produkte online zur Verfügung gestellt:

- Hochgenaue GPS Bahndaten
- Erdrotations- und Polparameter
- IGS-Stationskoordinaten mit Punktgeschwindigkeiten
- Uhrparameter
- Ionosphären- und Toposphärenmodelle
- Antennen Phasenfiles

Neuerdings werden auch die russischen GOLNASS-Satelliten beobachtet und viele Produkte ebenfalls für dieses System angeboten.

Alle wichtigen Ereignisse und Neuerungen werden in den IGS-Mails publiziert. Darüber hinaus sind die Server der IGS Mitglieder eine reiche Informationsquelle für alle GPS und Geophysikalisch Interessierten.

3.8. HÖHENBEZUGSSYSTEME

Die Darstellung von Höhen muss in einem geeigneten Höhenbezugssystem erfolgen. Dies bedeutet in der Praxis, dass Punkte gleicher Höhe eine Fläche stehenden Wassers aufspannen sollen. Weiterhin sollte die Festlegung absoluter Höhen oder die Bestimmung von Höhendifferenzen kleinräumig ohne zusätzliche rechnerische Korrekturen möglich sein. Auch muss die Höhenbezugsfläche stetig und wegunabhängig reproduzierbar sein.

3.8.1. GEOMETRISCHE HÖHENBEZUGSSYSTEME

3.8.1.1. EBENE

Kleinräumig wird die Erdoberfläche meist als Ebene approximiert. Nimmt man die Gestalt der Erde als Kugel an, so stellt diese Ebene eine Tangentialfläche dar. Die Differenz Δ dieser Tangentialebene zur Erdkugel kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$\Delta = \frac{1}{2R} \cdot S^2 \qquad 3.8\text{-}1$$

Dabei bezeichnet R den Erdradius und S die Entfernung vom Beobachtungspunkt. Bei einer Entfernung S = 10 km vom Beobachtungspunkt beträgt Δ bereits 78 cm. Dieses Modell ist daher als regionales und globales System ungeeignet.

3.8.1.2. ELLIPSOID

Als Bezugsfläche für terrestrische Koordinatensysteme (z.B. Soldner, Gauß-Grüger, UTM) werden in der Geodäsie Rotationsellipsoide verwendet. In der Landesvermessung im ausgehenden 19. Jahrhundert entschied man sich für *lokale bestandsschließende Ellipsoide* (z.B. Bessel, Krassowski, Clarke), die sich „kleinräumig“ sehr gut an das Geoid (siehe Kapitel 3.8.2.1 „Geoid“) anschmiegen. Spätestens mit der Entwicklung des GPS war die Notwendigkeit gegeben, Ellipsoide zu entwickeln, die global eine möglichst gute Approximation des Geoids darstellen, sogenannte *mittlere Erdellipsoide*. GPS-Lagekoordinaten werden heute im allgemeinen auf das WGS84-Ellipsoid bezogen. Ergebnisse von GPS-Beobachtungen werden meist sowohl in geozentrisch-kartesischen Koordinaten X,Y,Z, als auch in B, L, h angegeben. Dabei bezeichnen B und L die geographische Breite und Länge und ***h*** die *ellipsoidische Höhe*.

Die geometrische Definition des Ellipsoids berücksichtigt die ungleiche Massenverteilung im Erdkörper und das daraus resultierende „unebene“ Schwerefeld der Erde nicht – das ellipsodische Lot weicht von dem Tatsächlichen ab. Eine Wasseroberfläche repräsentiert aber immer eine Fläche gleichen Schwerepotentials. Das Ellipsoid ist daher als Höhenbezugsfläche nicht geeignet.

3.8.2. PHYSIKALISCH DEFINIERTE HÖHENBEZUGSSYSTEME

Punkte gleicher Höhe sollen eine Fläche stehenden Wassers aufspannen. Physikalisch bedeutet dies: gleiches Schwerepotential ***W*** in Punkten gleicher Höhe. Physikalische Höhenbezugsflächen werden daher als *Niveau-*, *Geopotential-*, oder *Äquipotentialflächen* bezeichnet.

Das Geopotential ist die Energie, die aufzuwenden ist, um auf der Erde eine Masse von einem Höhenniveau auf ein anderes anzuheben. Der Potentialunterschied berechnet sich als

$$dW = -g \cdot dn \qquad 3.8\text{-}2$$

wobei g die Schwerebeschleunigung der Erde und dn der Abstand entlang der Lotlinie zur benachbarten Niveaufläche ist. Höhen sind also schwereabhängig, ein praxisgerechtes Höhenbezugssystem muss sich daher auf das Schwerefeld der Erde beziehen.

3.8.2.1. GEOID

Auf Grund der Erdrotation und der ungleichen Massenverteilung innerhalb des Erdkörpers sind die Geopotentialflächen nicht parallel zueinander und die senkrecht zu ihnen verlaufenden Lotlinien keine Geraden, sondern Raumkurven. Es gibt unendlich viele Geopotentialflächen.

Als Geoid wird die Geopotentialfläche bezeichnet, die sich auf die Weltmeere im Gleichgewicht bezieht - man stelle sich einen idealisierten Ozean vor, der sich unter den Kontinenten fortsetzt. Das Geoid ist definiert als:

$$W = W_0 = const. \qquad 3.8\text{-}3$$

Bei Höhenübertragungen mit geometrischen Methoden, wie dem Nivellement, wird mit Hilfe der Libelle, eine Tangentialebene im Beobachtungspunkt aufgespannt. Das senkrecht dazu verlaufende Lot, weicht von der gekrümmten Lotlinie ab, man spricht von der *Lotabweichung*. Das Nivellement ist daher Wegabhängig, großräumig weicht also die geometrisch gemessene Höhendifferenz von der Potentialdifferenz ab. Durch Anbringen von Oberflächenschwerewerten lassen sich die nivellierten Höhenunterschiede in Potentialdifferenzen umformen. Die daraus resultierenden *geopotentiellen Koten* ***C*** ergeben sich aus:

$$C = W_0 - W_P = -\int_{P_o}^{P} dW = \int_{P_o}^{P} g \cdot dn \qquad 3.8\text{-}4$$

Streng genommen können Höhenunterschiede also nicht geometrisch in Metern, sondern nur physikalisch als Potentialdifferenzen angegeben werden. Für die Landes- und Detailvermessung sind jedoch metrische Höhen geeigneter.

Die Definition des Geoids, in Form eines eindeutigen, stetigen und reproduzierbaren mathematischen Modells, erwies sich in der Praxis als schwierig, da es genaue Kenntnis des Erdschwerefeldes voraussetzt. Für Details wird an dieser Stelle auf die Fachliteratur, wie Bauer oder Seeber verwiesen.
[M. Bauer, 1997; H. Denker, GPS-Leistungsbilanz 1994]

3.8.2.2. ORTHOMETRISCHE HÖHE

Die orthometrische Höhe ***H*** ist der entlang der Lotlinie gemessene Abstand eines Oberflächenpunktes *P* vom Geoid (Punkt P_0). Berechnet wird sie als:

$$H = \frac{C}{\bar{g}} \qquad \text{mit} \qquad \bar{g} = \frac{1}{H}\int_0^H g \cdot dH \qquad 3.8\text{-}5$$

Die mittlere Schwere $\bar{g}$ kann im allgemeinen nicht direkt gemessen werden, so dass Hypothesen über den Schwereverlauf im Erdinnern eingeführt werden müssen. Für die eindeutige Definition wäre ein Standardmodell der Topographie (Geometrie und Dichte) sowie eine standardisierte Rechenvorschrift vorzugeben; diese Standards wären dann auch bei der Bestimmung der entsprechenden Höhenreferenzfläche (Geoidhöhe) einzuhalten.
[H. Denker, GPS-Leistungsbilanz 1994]

3.8.2.3. NORMALHÖHE

Erhebliche Bedeutung haben die von *Molodenskii* eingeführten Normalhöhen $\boldsymbol{H^N}$ erlangt. Sie stellen das zukünftige Höhensystem in Deutschland dar und werden mit großer Wahrscheinlichkeit Europaweit eingeführt. Die Normalhöhe ist definiert als der in der normalen Lotlinie (Lotlinie im Normalschwerefeld) gemessene Abstand eines Punktes Q vom Niveauellipsoid (Punkt Q_0). H^N berechnet sich als:

$$H^N = \frac{C}{\bar{\gamma}} \qquad \text{mit} \qquad \bar{\gamma} = \frac{1}{H^N}\int_0^{H^N} \gamma \cdot dH^N \qquad 3.8\text{-}6$$

Die Normalhöhen sind hypothesenfrei, da C gemessen werden kann und $\bar{\gamma}$ streng berechenbar ist. Trägt man H^N von der Erdoberfläche aus ab, erhält man das *Quasigeoid*.
[H. Denker, GPS-Leistungsbilanz 1994]

3.8.2.4. DYNAMISCHE HÖHE

Die dynamischen Höhen sind von geringerer Bedeutung. Man erhält sie in dem man die geopotentielle Kote C durch einen konstanten Schwerewert (im allgemeinen Normalschwere am Ellipsoid in der Breite 45° = γ_0^{45}) dividiert.

$$H^{dyn} = \frac{C}{\gamma_0^{45}} \qquad 3.8\text{-}7$$

Wegen der verhältnismäßig großen Reduktionen für die rohen Nivellementsergebnisse, die auch im Flachland bis Mittelgebirge cm .. dm Beträge erreichen, haben sich die dynamischen Höhen nicht durchgesetzt.
[H. Denker, GPS-Leistungsbilanz 1994]

3.8.2.5. NN-HÖHEN

Orthometrische-, Normal- und dynamische Höhen sind wie die geopotentielle Kote selbst vom Nivellementsweg unabhängig. Dies gilt nicht für die bisher in den alten Bundesländern als amtliche Höhen verwendeten normal-orthometrischen oder sphäroidisch-orthometrischen Höhen. Diese auch als NN-Höhen bezeichneten Höhen sind definiert mittels:

$$H^{NN} = \frac{C^*}{\bar{\gamma}} \quad \text{mit} \quad C^* = \int_{P_0}^{P} \gamma \cdot dn \quad \text{und} \quad \bar{\gamma} = \frac{1}{H^{NN}} \int_{0}^{H^{NN}} \gamma \cdot dH^{NN} \qquad 3.8\text{-}8$$

Die Definition baut auf dem Normalhöhensystem auf, enthält aber anstatt der geopotentiellen Kote einen auf der Normalschwere basierenden Wert. Die NN-Höhen können geometrisch und physikalisch nicht gedeutet werden und sind für den Aufbau eines modernen Höhensystems ungeeignet, sie können jedoch als Vorstufe zu den Normalhöhen angesehen werden.
[H. Denker, GPS-Leistungsbilanz 1994]

3.8.3. GEOIDMODELLE

Die Differenz zwischen Geoid und Ellipsoid wird als *Geoidundulation* ***N*** bezeichnet. Ausgehend von der, aus GPS-Beobachtungen gewonnenen, ellipsodischen Höhe $\boldsymbol{h_{GPS}}$ kann, durch Abbringen der Geoidundulation, die orthometrische Höhe $\boldsymbol{H_{LV}}$ berechnet werden:

$$H_{LV} = h_{GPS} - N \qquad 3.8\text{-}9$$

Derzeit gibt es zwei Geoidmodelle, die den heutigen Genauigkeitsansprüchen genügen: Das *Earth Gravititatinal Model 1996 - EGM96* und die *European Geoid and Quasigeoid Models - EGG97*. Beide wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit verwendet und sollen in diesem Kapitel kurz vorgestellt werden.

Die Geoidundulation wird in beiden Modellen für das WGS84 angegeben. Die Informationen sind in einer Datenbank abgelegt, der Zugriff erfolgt durch Angabe der Punktkoordinaten in geographischer Länge und Breite.

3.8.3.1. EGM96

Das *Earth Gravititatinal Model 1996* wurde gemeinsam vom **G**oddard **S**pace **F**light **C**enter (**GSFC**) der NASA, der **N**ational **I**magery and **M**apping **A**gency (**NIMA**) und der **O**hio **S**tate **U**niversity (**OSU**) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein sphärisch harmonisches Modell – Kugelfunktionsentwicklung – des Gravitationspotentials der gesamten Erde. Neben Oberflächenschweremessungen lieferten zahlreicher Erdbeobachtungs-Satelliten die Datengrundlage für die Berechnungen.

Die Anzahl, Dichte und Qualität der Datengrundlagen ist regional recht unterschiedlich. Für die Gebiete der westlichen Industrienationen liegen viele qualitativ gute Daten vor, im Bereich der Ozeane und der Entwicklungsländer sind die Datengrundlager schlechter. Die erreichbare relative Genauigkeit kann daher zwischen wenigen Zentimetern und einigen Dezimetern schwanken.

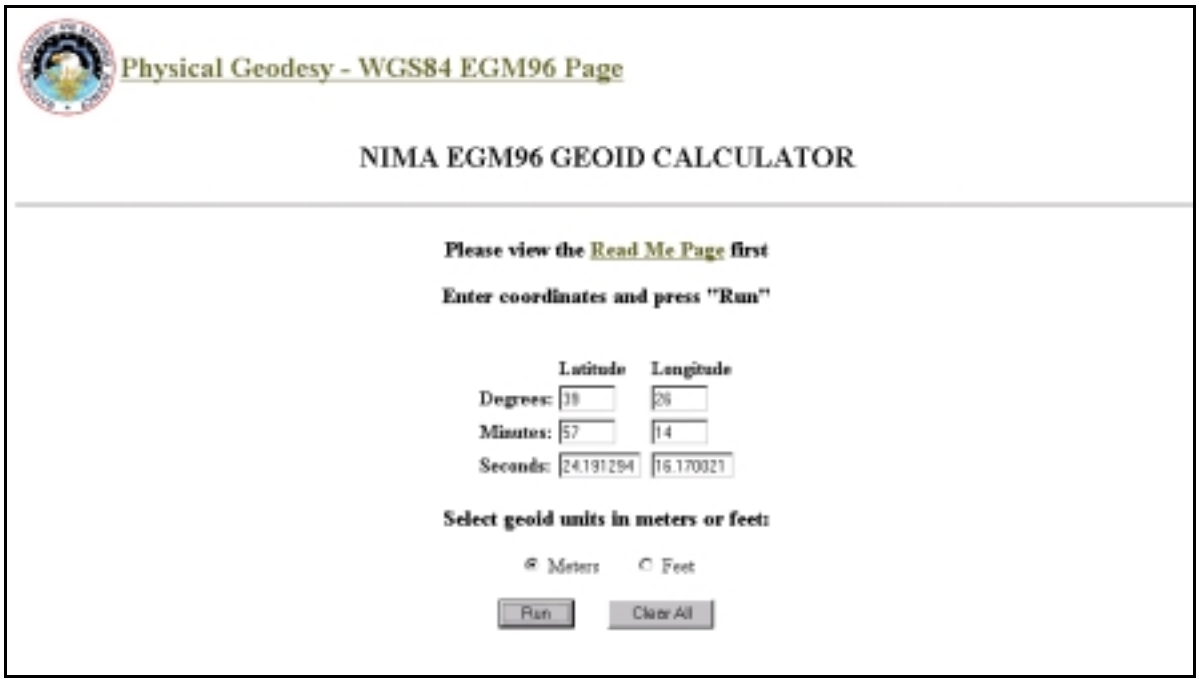
Umfangreiche Informationen zum EGM96 gibt es im Internet. Zwei Seiten sind besonders empfehlenswert:

Crustal Dynamics Data Information System: http://cddisa.gsfc.nasa.gov/926/egm96/egm96.html

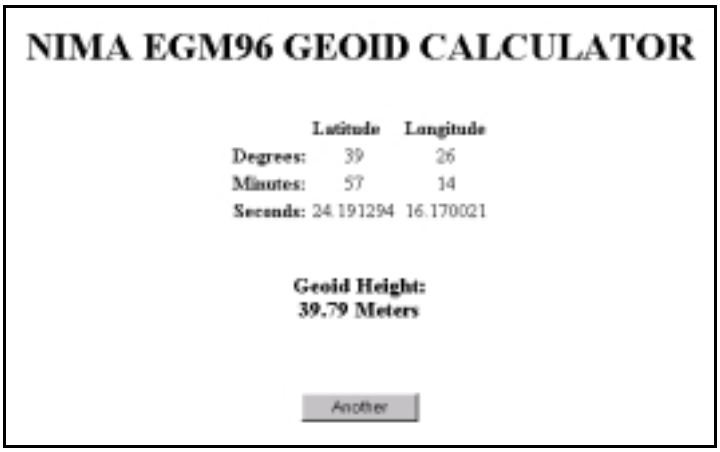
National Imagery and Mapping Agency: http://164.214.2.59/GandG/wgs-84/egm96.html

Online Datenbezug

Auf der Internetseite der *National Imagery and Mapping Agency* können die Geoidundulationen online abgefragt werden. Unten ist die Oberfläche des NIMA EGM96 Geoid Calculators abgebildet. Nach Eingaben der geographischen Breite und Länge und anklicken des RUN –Knopfes wird die Geoidundulation auf einer neuen Seite ausgegeben.



NIMA EGM96 (Online) Geoid Calculator – Eingabeseite

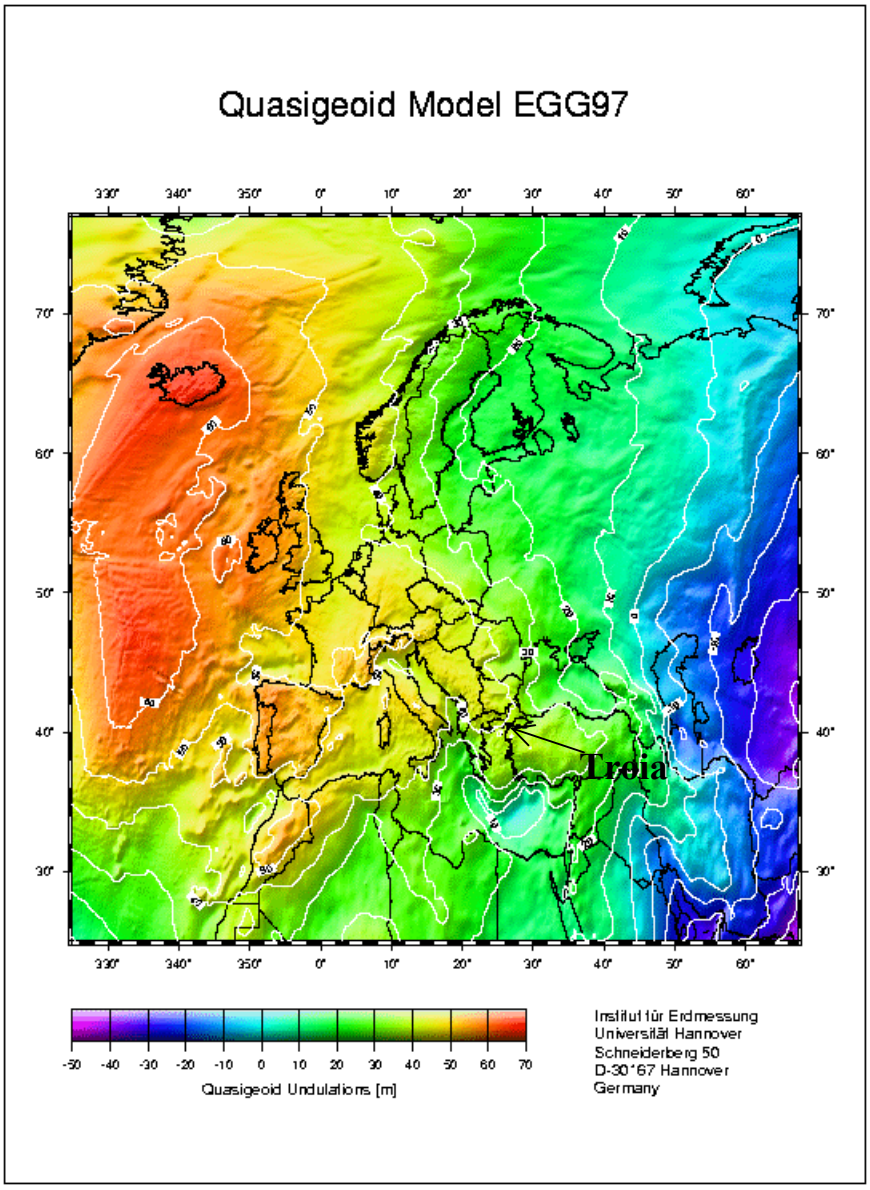


NIMA EGM96 (Online) Geoid Calculator – Ausgabeseite

Auf der *NIMA*-Seite kann auch ein Windows-Programm, mit gleicher Funktionalität, herunter geladen werden, das in der Diplomarbeit „Angelakis 2000“ abgebildet ist.

3.8.3.2. EGG97

Die *European Geoid and Quasigeoid Models* wurden am **I**nstitut **f**ür **E**rdmessungen (**IfE**) der Universität Hannover entwickelt. Langwellige Schwerefeldinformationen wurden dabei einem Kugelfunktionsmodell entnommen. Kurzwellige Feldinformationen sind mit einer Referenztopographie modelliert worden. Die Schwereanomalien wurden auf ein 1,0' x 1,5'-Gitter transformiert, das den Bereich 25° Nord bis 75° Nord und 35° West und 67,4° Ost abdeckt. In Regionen mit guter Überdeckung und Qualität der Ausgangsdaten liegt die Genauigkeit der Quasigeoidhöhe bei ±1 ... 5 cm über 10 bis einige 100 Kilometer Entfernung sowie ±.5 ... 20 cm über einige 1000 km Entfernung.



Graphische Darstellung der Quasigeoidumdulationen

[H. Denker, GPS-Leistungsbilanz 1995; CD-ROM EGG97© Universität Hannover]

3.8.4. HÖHENINTEGRATION

Unter Höhenintegration versteht man die Überführung der ellipsoidischen GPS-Höhen ins Landessystem. Die Wahl des Integrations-Ansatzes richtet sich dabei nach den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen und der Gebietsausdehnung.

3.8.4.1. STANDARD ANSATZ

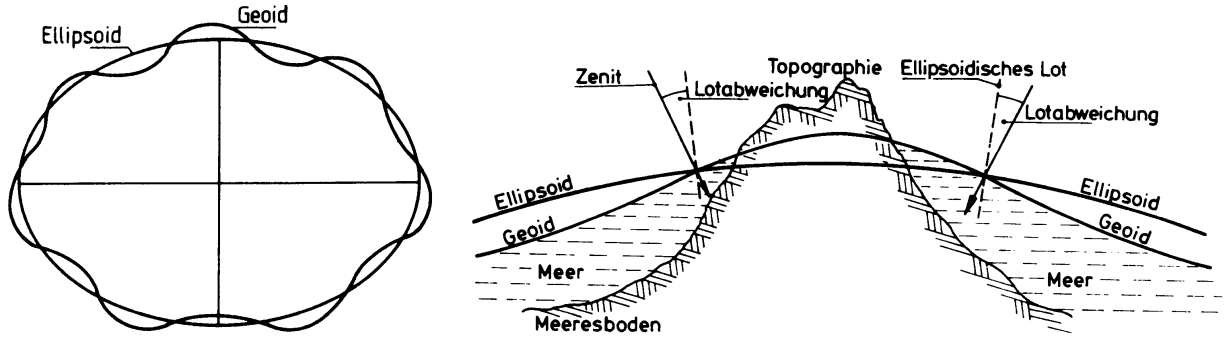
Der *Standard Ansatz* eignet sich vor allem für kleine bis mittlere Gebiete. Er setzt voraus, dass ein Teil der mit GPS besetzten Punkte Höhen im Landessystem haben (und das diese gleichmäßig über das Messgebiet verteilt sind). Die Differenz zwischen den ellipsoidischen und den Höhe im Landessystem wird dabei auf Grundlage einer Taylorentwicklung im Gebietsschwerpunkt modelliert. Das Mathematische Modell stellt sich wie folgt dar:

$$\begin{aligned}(\Delta h + V_{\Delta h})^{J}_{i'GPS} &= (H_i - H_{ref})_{LV} \\ &+ (y_i - y_{ref}) \cdot A + (x_i + x_{ref}) \cdot B \\ &+ (y_i^2 - y_{ref}^2) \cdot C + (y_i \cdot x_i - y_{rrf} \cdot x_{ref}) \cdot D + (x_i^2 - x_{ref}^2) \cdot E\end{aligned} \qquad 3.8\text{-}10$$

Dabei modellieren die Terme A und B die Kippung zwischen dem Ellipsoid und der Höhenbezugsfläche, mit den Faktoren C, D und E können Krümmungsunterschiede ausgeglichen werden.

FEM-Ansatz

Soll der Standard Ansatz auf große Gebiete angewendet werden, ist auf Grund der „Unebenheit“ der Geoidoberfläche eine Untereilung in Maschen vorzunehmen. An den Maschenkanten sind Stetigkeitsbedingungen einzuführen. Man sprich dann von einem *Finite Elemente Modell* **FEM**. Beim oben dargestellten quadratischen Ansatz benötigt man pro Masche 7 identische Punkte oder Höhendifferenzen.



Zusammenhang zwischen Geoid und Ellipsoid

[M. Illner, GPS-Leistungsbilanz 1995; Handbuch Heidi; R. Jäger, Vorlesungsskript Satellitenvermessung 2]

3.8.4.2. REINER GEOIDANSATZ

Der *Reine Geoidansatz* ermöglicht die Berechnung orthometrischer Höhen aus GPS-Beobachtung ohne Aufnahme identischer Punkte. Eine Geoidmodell repräsentiert in diesem Fall die Höhenbezugsfläche. Dies ist beispielsweise interessant, wenn geeignete Höhenfestpunkte in ausreichender Anzahl nicht vorhanden, oder ihre Höhen nicht bekannt sind.

In der Praxis werden die, auf das WGS84 bezogenen, Geoidundulationen aus dem EGM96 oder dem EGG97 abgerufen und die ellipsoidischen GPS-Höhen um diesen Betrag korrigiert.

Es muss allerdings beachtet werden, dass die Geoidmodelle eigene geodätische Datums haben, die geringfügig von dem des Landessystems abweichen können. Um Höhen zu erhalten, die konsistent mit den Landeshöhen sind ist daher eine Datumsanpassung erforderlich; das Geoidmodell muss räumlich verschoben, gedreht und skaliert werden, damit es mit der Höhenbezugsfläche des Landessystems zur Deckung kommt. Dies kann wiederum nur über eine ausreichende Anzahl, gleichmäßig über das Messgebiet verteilter, identischer Punkte erfolgen.

Der Ausgleichungsansatz für die Höhenintegration über Geoidmodelle mit Datumsanpassung stellt sich wie folgt dar:

$$h_{GPS} + v_h = \hat{m} \cdot \hat{H} + \hat{N}_G \qquad 3.8\text{-}11$$

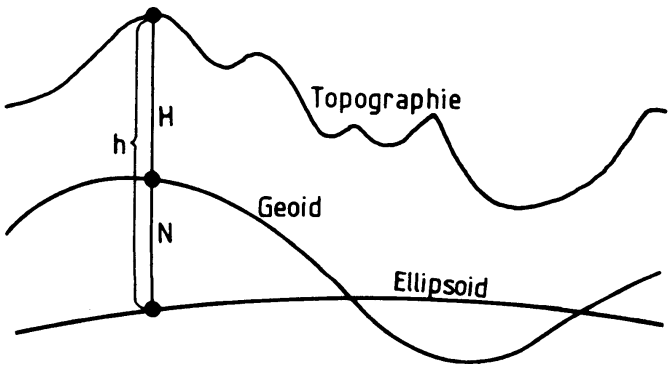
$$H + v_H = \hat{H} \qquad 3.8\text{-}12$$

$$N_G = \hat{N}_G + \delta N_G(\hat{d}) \qquad 3.8\text{-}13$$

$N_G(\hat{d})$ ist der Anteil der Datumstransformation mit den Transformationsparametern d.

Geoidverfeinerungsansatz

Beim Geoidverfeinerungsansatz werden *FEM-Ansatz* und *Reiner Geoidansatz* kombiniert. Mit einer ausreichende Anzahl gleichmäßig verteilter Höhenpasspunkte ist es möglich kurzwellige Effekte, die mit dem Geoidmodell nicht modelliert werden können, auszugleichen.



Geoidumdulation, ellispodische und orthometrische Höhe

[R. Jäger, Vorlesungsskript Satellitenvermessung 2]

4. BERNER GPS SOFTWARE

4.1. ALLGEMEINES

Die GPS-Beobachtungen die im Rahmen der Messkampagnen im Sommer 2000 in Troia und Udabno vorgenommen wurden, sind im Rahmen dieser Diplomarbeit mit der Berner GPS Software ausgewertet worden.

Die Berner GPS Software (im folgenden kurz „BS“ genannt) wird vom **A**stronomischen **I**nstitut der **U**niversität **B**ern (**AIUB)** entwickelt. Im März 1988 wurde die Version 3 fertiggestellt, 1996 die Version 4.0. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird erstmals die Version 4.2 verwendet, die seit März 2000 auf dem Markt ist. Neu in dieser Version ist die Möglichkeit, neben GPS auch GLONASS -Beobachtungen zu verarbeiten. Es besteht jetzt die Option, Beobachtungen elevationsabhängig zu gewichten. Darüber hinaus wurde die Modellierung und Berechnung der Troposphären verbessert. Neu hinzugekommen ist das Programm ADDNEQ2.

Die BS ist eine wissenschaftliche Software, mit weltweit mehr als 200 Instaallationen (ohne Mehrfachlizenzen), die zur Lösung anspruchsvoller Aufgaben geschrieben wurde. Sie kann zur Produktion von lokalen Ionosphären- und Troposphären- Modellen, Erdrotationsparametern und Orbits ebenso verwendet werden, wie zur Berechnung lokaler und regionaler Netze. Im Rahmen dieser Diplomarbeit ist die Möglichkeit lange Baselines mit hoher Zuverlässigkeit lösen zu können von besonderem Interesse. In der Diplomarbeit NAM 97 (Christman, Rohbacher, 1998) wurden gezeigt, dass selbst Baselines mit einer Länge über 6000 km noch zufriedenstellend gelöst werden können.

Zu den Besonderheiten der BS gehört, dass neben den ausführbaren Dateien der Quellcode in *Fortran* geliefert wird. Dies ermöglicht eine individuelle Anpassung der Software, sowie die Ergänzung mit eigenen Programmteilen. Die Notwendigkeit Parameter im Quellcode anzupassen und anschließend mit dem Lahey Fortran Compiler (LF90) zu kompilieren, ergab sich im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht.

Die BS ist auf UNIX, DOS und Windows lauffähig. Die Installation unterschiedet sich daher von der moderner Windowsanwendungen. Insbesondere werden Einträge in Systemdateien nicht automatisch vorgenommen. Die Einrichtung der BS unter DOS und Windows98/NT wird im Kapitel 4.2 „Installation“ erläutert.

Um maximale Genauigkeit und Lösung unterschiedlichster Problemstellungen zu ermöglichen bietet die BS eine Fülle von Einstellmöglichkeiten. Dies kann zu Schwierigkeiten und Verwirrung führen. Hilfe bietet neben dem Handbuch auch die Direkthilfe, die mit „F1“ angesprochen werden kann. ***„However, do not panic***“ dieser Leitsatz von Douglas Adams ist für den Umgang mit der BS so wichtig, das der im Handbuch auf Seite 83 steht.

Bei der Berechnung einer ITRF-Punkteinschaltung muss ein Großteil der Daten aus dem Internet bezogen werden. Obwohl die Datenformate standardisiert sind, kann es vorkommen, dass die BS einzelne Dateien nicht lesen kann. Die Ursache kann aber in aller Regel ohne größere Schwierigkeiten behoben werden.

Eine Übersicht über den Auswerteablauf wird im Kapitel 4.4 „Ablauf einer Auswertung“ gegeben.

4.2. EINRICHTEN DER BERNER SOFTWARE

4.2.1. ALLGEMEINES

Die BS 4.2 stellt hohe Ansprüche an die Hardware. Unter *WINDOWS 95/NT* werden ein Pentium II mit 266 Mhz und 48 MB RAM vorausgesetzt, unter *WINDOWS 98* sogar ein Pentium II mit 350 Mhz und 64 MB RAM. Des weiteren sollten mindestens 300 MB freier Festplattenspeicher zur Verfügung stehen, allein die Programmfiles benötigen 200 MB.

Die BS wird standardmäßig unter *C:\BERN42* installiert. Eine Installation unter einem anderen Pfad oder auf einem anderen Laufwerk ist prinzipiell möglich. Mir ist es jedoch nicht gelungen die Berner Software auf einem anderen Laufwerk als C: zum Laufen zu bringen. Das Startverzeichnis muss immer *..\BERN42* heißen.

Die genauen Installationsanweisungen sind nachzulesen unter *README_CD.TXT* auf der Berner Software CD. Die Anweisungen zur Einrichtung der DOS-Umgebung an selber Stelle unter *README.DOS*.

4.2.2. INSTALLATION

Zur Installation muss man das DOS-Eingabefenster öffnen und dort zum CD-Laufwerk wechseln.

- Mit dem Befehl *INSTALL* wird die BS unter *C:\BERN42* installiert.

Um die BS an einem anderen Ort zu installieren muss der Befehl um einen Pfad ergänzt werden.

- Mit dem Befehl *INSTALL D:* wird die BS unter *D:\BERN42* installiert.
- Mit dem Befehl *INSTALL C:\test* wird die BS unter *C:\TEST\BERN42* installiert.

<u>Bem.:</u> *- Im Folgenden wird immer von einer Standartinsdallation ausgegangen.*
- Ist die BS auf einem System installiert, kann sie durch das Kopieren des Ordners Bern42 auf andere Systeme übertragen werden.

4.2.3. EDITIEREN DER CONFIG.SYS / NT

Damit die BS einwandfrei läuft, muss in der Config.sys (*WINDOWS 95/98*) bzw. Config.nt (*WINDOWS NT*) mindestens folgende Zeile enthalten sein:

CONFIG.SYS ⇒ decive=C:\WINDOWS\COMMADN\ANSI.SYS
CONFIG.NT ⇒ decive=%systenRoot%\system32\ansi.sys

4.2.4. EINRICHTEN DER DOS-UMGEBUNG FÜR DIE BERNER SOFTWARE

Unter Windows wird die DOS-Umgebung für die BS durch Herstellen einer Verknüpfung auf dem Desktop eingerichtet. In die Befehlszeile muss folgendes eingetragen werden:

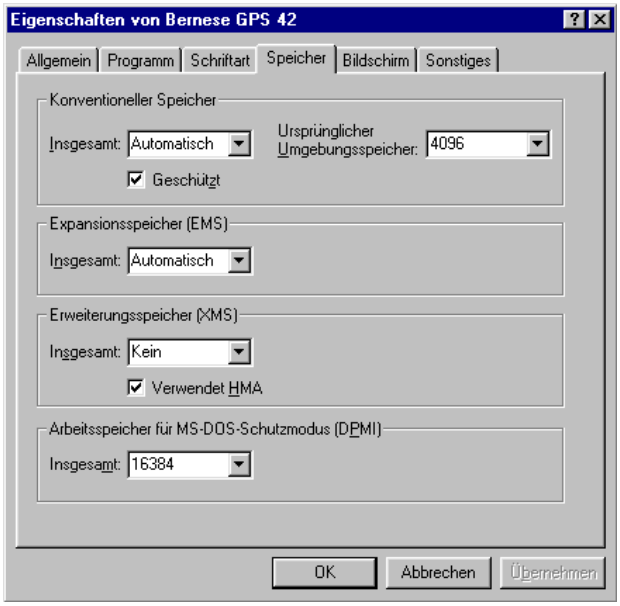
WINDOWS 95/98 ⇒ C:\WINDOWS\COMMAD.COM,
WINDOWS NT ⇒ C:\WINNT\System32\cmd.exe

Die Programmeigenschaften sollten wie folgt gewählt werden:

Die Abbildung zeigt die Einstellungen für Windows 98 - für Windows NT muss die Befehlszeile wie oben angegeben lauten.

Programmoptionen des DOS-Fensters

Die Speicheroptionen sind so wie unten dargestellt zu setzen (entfällt bei Windows NT).



Speicheroptionen des DOS-Fensters

Bei den Speicheroptionen hat sich die Einstellung „Arbeitsspeicher für MS-DOS-Schutzmodus (DPMI)“ als problematisch erwiesen. Es wurde, wie gefordert der maximale Wert eingestellt. Das Unterprogramm 4.5 GPSEST der Berner Software benötigt aber mehr als die unter Windows 98 maximal einstellbaren 16 MB RAM. In diesem Fall musste der Rechner im DOS-Modus gestartet werden, dort standen dann 32 MB RAM zur Verfügung. Siehe auch Kapitel 4.8.4 „Parameterschätzung“. Unter Windows NT trat diese Problem nicht auf.

Es sollten keine anderen Einstellungen vorgenommen werden als die oben genannten.

4.2.5. EINSTELLUNGEN IN DER LOADGPS.BAT

```
@echo off
rem
rem  BATCH FILE TO PREPARE ENVIRONMENT FOR THE BERNESE GPS SOFTWARE
rem  ==============================================================
rem                          version 4.2
rem
rem  ************************************************************
rem  * Please read the file "README.TXT" before making any changes *
rem  ************************************************************
rem
rem  Bernese GPS Software Version: 4.2
rem  --------------------------------
       set VERSION=42
rem
rem  Operating system (W95 or WINNT)
rem  ------------------------------
      set OPSYS=W95
rem       set OPSYS=WINNT
rem
rem  Drive where Bernese is installed. Default is "C:"
rem  ------------------------------------------------
       set DRV=C:
rem
rem  Compiler command (lf90 or lf95): Default is "lf90"
rem       *** DO NOT USE LF95 UNDER WINDOWS NT ***
rem  ---------------------------------------------------
         set CMP_CMD=lf90
rem         set CMP_CMD=lf95
rem
rem  Set Lahey version (used during installation only)
rem  These Settings are for LF90, Version 45
      set LAHEY=90
      set LAHEY_V=4
rem
rem --------------- end of user editable part ------------------------------
```

Ausschnitt aus der Konfigurationsdatei LOADGPS.BAT

Die Datei LODAGPS.BAT ist zu finden unter C:\BERN42\GPS42\EXE.

Unter „Operating System“ muss das REM vor dem verwendeten System entfernen werden. Standardmäßig ist die LOADGPS auf Windows NT eingestellt, oben abgebildet sind die Einstellung für Windows 95/98.

Ist die BS nicht auf Laufwerk C installiert, ist unter „Drive where Bernese is installed“ die Laufwerksbezeichnung entsprechend zu ändern.

Unter „Compiler command“ wird der Fortran Compiler ausgewählt. Auf dem verwendeten System wurde der Lahey Fortran 90 Version 4.0 (LF9040) installiert.

4.2.6. EINSTELLUNGEN IN DER FORMAT.DAT

```
C 'F' stands for the file name (including the extension)
C 'S' stands for the file size. Select the total section of size even if
C 'M' stands for month
C 'D' stands for day of month
C 'Y' stands for year
C 'H' stands for hour
C 'X' stands for minute (sorry but 'M' already indicats month)
C 'I' stands for the time indicator (a: after meridian, p: past meridian)
C     this indicator is not necessarily available in your listing.
C
C Listing format of DOS version 6.22
C ----------------------------------
C In order to choose this format REMOVE the "C " at the beginning
C of the following line:
C FFFFFFFFFFFF SSSSSSSSSSSSS DD MM YY   HH XX
C
C Listing format of DOS version 7.0 (for windows 95)
C ---------------------------------------------------
C In order to choose this format REMOVE the "C " at the beginning
C of the following line:
C FFFFFFFFFFFF SSSSSSSSSSSSS  MM DD YY HH XXI
C
C Listing format of Windows NT Version 4.0
C ----------------------------------------
C In order to choose this format REMOVE the "C " at the beginning
C of the following line:
C FFFFFFFFFFFF SSSSSSSSS DD MM YY   HH XX
C
C Your personal Listing format
C ----------------------------
C In order to choose this format REMOVE the "C " at the beginning
C of the following line:
FFFFFFFFFFFF  SSSSSSSSSS   DD MM YY  HH XX
C
```

Ausschnitt aus der Konfigurationsdatei FORMAT.DAT

Die Datei FORMAT.DAT ist zu finden unter C:\BERN42\LIB\INCLIB42\FOR

Die obige Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Datei FORMT.DAT. Zur besseren Übersicht sind einige Informationen gelöscht.

Da jedem DOS ein anderes Listingformat zu Grunde liegt, benötigt die Berner Software Informationen über das jeweilige Format. Diese bekommt sie in der FORMAT.DAT. Standardmäßig ist wieder Windows NT eingestellt. Die Informationen für Windows 98 waren leider noch nicht enthalten, konnten aber leicht ergänzt werden. Stimmen die Einstellungen in der FORMAT.DAT nicht, kommt es zu Fehlern beim Einlesen der Daten, z.B. im Unterprogramm 2.7.1 RXOBV. Siehe auch Kapittel 4.8.1 „Datentransfer“.

4.3. DATEISTRUKTUR DER BERNER SOFTWARE

```
C:\BERN42          : Stammverzeichnis
  |-BPETEMP        : Temporärer Umgebung für BPE
  |  |-AUTO_TMP
  |
  |-CAMPAIGN       : Ordner für die Kampagnen
  |  |-DOCU42_1    : Beispiel Kampagne
  |
  |-GPS42
  |  |-BDS         : Systemunabhängige Rahmen Skripts (BPE)
  |  |-DOC         : Dokumentation der Berner Software (PS-Dateien)
  |  |-EXE         : Systemabhängige ausführbare- und konfigurations- Dateien
  |  |-GEN         : Projektübergreifende Dateien
  |  |-HLP         : Hilfedateien
  |  |-INX         : Eingabefiles für Pragramme die nicht vom Menüsystem unterstützt werde
  |  |-OPT         : Original Optionsverzeichnis mit Eingabemasken (BPE)
  |  |-PAN         : Original Eingabemasken
  |  |-PCF         : Original Prozesskontroll Dateien  (BPE)
  |  |-SKL         : Rohdateien zur Erstellung der Eingabedateien
  |  |-SCRIPT      : BPE Skripts
  |  |-USERSCPT    : Original Kopie der Skriptdateien (BPE)
  |
  |-GPSUSER        : Benutzerspezifische Dateien
  |   |-WORK       : Arbeitsbereich
  |   |-INP        : Programmspezifische Eingabedateien
  |   |-PAN        : Eingabemasken
  |   |-SCRIPT     : Skript Dateien (genutzt von BPE)
  |   |-PCF        : Prozesskontroll Dateien  (genutzt von BPE)
  |   |-OPT        : Projektspezifische Eingabemasken (genutzt von BPE)
  |   |-OUT        : Job Ausgabedateien
  |
  |-PGM
  |   |-MAIN42     : Haupt Programme; (Fortran Quellcode, Objektcode und ausführbare Dateien)
  |   |-MENU42     : Menü Programme; (Fortran Quellcode, Objektcode und ausführbare Dateien)
  |   |-BPE42      : BPE Programme; (Fortran Quellcode, Objektcode und ausführbare Dateien)
  |
  |-LIB
      |-ASTLIB42   : Astro Bibliothek: (Fortran Quellcode und Objektcode)
      |-MENLIB42   : Menü Bibliothek; (Fortran Quellcode und Objektcode)
      |-GPSLIB42   : GPS Bibliothek; (Fortran Quellcode und Objektcode)
      |-COMLIB42   : Gemeinsame Bibliothek; (Fortran Quellcode und Objektcode)
      |-INCLIB42   : Include Bibliothek; (Fortran Quellcode und Objektcode)
```

4.4. ABLAUF EINER AUSWERTUNG

AUFGABE	MENÜPUNKT IN DER BS	KAPITEL
Datenbeschaffung	***Eigene Messungen*** Beobachtungsfiles im RINEX-Format	
	Datenbezug aus dem Internet Beobachtungsfiles im RINEX-Format, Stationskoordinaten, Ionosphärenmodelle, Präzise Orbits, ...	**4.5**
Grundeinstellungen	**0.3-1 General Dataset Names** Festlegen der allgemeinen Dateien	**4.7.1**
Kampagne anlegen	**1-1 Definition of Names** Anlegen einer neuen Kampagne	
	1.2 Create Subdirectories Anlegen der Unterverzeichnisse	
Überprüfen der Dateien & Dateneingabe	***Campaign*** Kampagnenspezifische Daten	**4.7.2**
	GEN Allgemeine Daten	
Kampagne Vorbereiten	**1.3 Session Definition** Definition der Session	**4.7.3**
	1.4 Station Abbreviation Tabelle Tabelle zur Darstellung der Stationsnamen mit 4 bzw. 2 Zeichen	
Datentransfer	**2.7-1 ROXBV3** Transfer der Beobachtungsfiles von RINEX ins Berner Format	**4.8.1**
Berechnung der Satellitenbahnen	**3.2 PRETAB / BRTAB** Transformation der Orbits von ICRF nach ITRF → Tabular-Orbits	**4.8.2**
	3.3 ORBGEN Berechnung des Standard-Orbits und der Standardabweichung der Orbits	
Vorbereitende Berechnungen	**4.2 CODESPP** Berechnung von Näherungskoordinaten durch Codemessung basierter Einzelpunkteinschaltung	**4.8.3**
	4.3 SNGDIF Baselinebildung	
	4.4 MAUAPRP Aufspüren von Phasensprüngen	
Parameterschätzung	**4.5 GPSEST** Ambiguitylösung und Koordinaten-berechnung mit verschiedenen Strategien **QIF** **SIGMA** **QIF L_1&L_2** **SEARCH**	**4.8.4**
Zusammenführen von Einzelergebnissen	**4.8 ADDNEQ / ADDNEQ2** Mit den Normalgleichungsmatrizen aus GPSEST werden einzelne Baselines bzw. Sessions zusammengeschlossen	**4.8.5**

4.5. DATENBEZUG AUS DEM INTERNET

4.5.1. WISSENSWERTES ZU DEN INSTITUTIONEN

Im Rahmen dieser Diplomarbeit sollten Punkte ins ITRF eingeschaltet werden. Dazu wurden lange Baselines ausgewertet und IGS-Stationen als Referenzpunkte verwerdet. Dies erforderte neben den eigenen Beobachtungen eine Fülle weiterer Daten. Das IGS berechnet diese Daten und stellt sie auf diversen Servern den Nutzern online zur Verfügung. Im folgenden sollen einige zum IGS gehörende Institutionen und ihre Server kurz vorgestellt werden.

4.5.1.1. JET PROPULSION LABORATORY (JPL)

http://igscb.jpl.nasa.gov/
ftp://igscb.jpl.nasa.gov/

Das **J**et **P**ropulsion **L**aboratory (**JPL**) ist eine Institution der **N**ational **A**eronautic and **S**pace **A**dministration (**NASA**). Es hat seinen Sitz im **Cal**ifornia Institute of **Tec**hnology (**Caltech**) in Pasadena, Kalifornien, USA. Das JPL ist das führende US Zentrum für die Erforschung unseres Sonnensystems mit Satelliten. Auch im Rahmen des IGS bekleidet es eine herausragende Rolle. Seit 1992 ist das JPL der Sitz des *IGS Zentralbüros* und fungiert gleichzeitig noch als *globeles Rechenzentrum*.

Über das **C**entral **B**ureau **I**nformation **S**ystem (**CBIS**) werden den Nutzern seit Anfang 1994 online IGS Daten zur Verfügung gestellt. Das CBIS ist eigens als IGS-Datenbank entwickelt worden und ermöglicht, wie die globalen Datenzentren, den Zugriff auf alle IGS-Produkte.

4.5.1.2. CRUSTAL DYNAMICS DATA INFORMATION SYSTEM (CDDIS)

http://cddisa.gsfc.nasa.gov/
ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps

Das **C**rustal **D**ynamics **D**ata **I**nformation **S**ystem (**CDDIS**) wurde entwickelt um die zentrale Datenbank für die Crustal Dynamics Projekte (CDP) der NASA bereitzustellen. Das System unterstützt darüber hinaus die Weltraumgeodäsie- und Geodynamikgemeinde durch das „Space Geodesy Program“ und das „Earth Science Enterprise“ der NASA.

Das CDDIS wurde 1982 als Datenbank geschaffen, um Weltraum Geodäsie Daten zu archivieren und zu berechnen. Seit 1992 ist das CDDIS ein *Globales Daten Zentrum* des IGS. Es unterstützt den International Laser Ranging Service (ILRS), den Internationalen VLBI Service (IVS), den Internationalen DORIS[11)] Service und den Internationalen Earth Rotation Service (IERS).

11) **DORIS**: Doppler Orbitography and Radiopositionin Integrated by Satellite

4.5.1.3. SCRIPPS ORBIT AND PERMANENT ARRAY CENTER (SOPAC)

http://sopac.ucsd.edu/(früher http://lox.ucsd.edu)
ftp://lox.uscd.edu/

Das **S**cripps **O**rbit and **P**ermanent **A**rray **C**enter (**SOPAC**) hat seinen Sitz im **I**nstitute of **G**eophysics and **P**lanetary **P**hysics (**IGPP**), **S**cripps **I**nstitution of **O**ceanography (**SIO**) der **U**niversity of **C**alifornia, **S**an **D**iego (**UCSD**) in La Jolla, Kalifornien, USA. SOPAC's grundsätzliche wissenschaftliche Rolle ist, die Unterstützung hochpräziser geodätischer und geophysikalischer GPS-Messungen, insbesondere zum Studium vom Erdbeben, plattentektonischen Bewegungen und meterologischen Prozessen.

SOPAC spielt eine wichtige Rolle im IGS, seit 1992 ist es ein *globales Datenzentrum* und ein *globales Analyse Zentrum*.

4.5.1.4. GPS INFORMATIONS- UND BEOBACHTUNGSSYSTEM (GIBS)

http://gibs.leipzig.ifag.de/
http://igs.ifag.de/
ftp://ftp.leipzig.ifag.de/gibs

1991 wurde vom **I**nstitut **f**ür **a**ngewande **G**eodäsie (**IFAG**) – heute Bundesamt für Geodäsie und Kartographie - das **G**PS **I**nformations- und **B**eobachtungs**s**ystem (GIBS) ins Leben gerufen. Das IFAG ist im Rahmen des IGS ein *regionales Analyse Zentrum zur Verdichtung des terrestrischen Referenz Systems* und ein *regionales Datenzentrum*. Vorgehalten werden Daten des CODE und des IGS, sowie viele wertvolle Informationen rund um GPS und GLONASS.

4.5.1.5. ASTRONOMISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT BERN (AIUB)

http://www.aiub.unibe.ch/
ftp://ftp.unibe.ch/aiub

Das Astronomisches Institut der Universität Bern (**AIUB**) spielt eine wichtige Rolle im IGS. Mit dem **C**enter for **O**rbit **D**etermination in **E**urope (**CODE**) beheimatet es eines von sieben *Analyse Zentren*. Das AIUB ist darüber hinaus die „Heimat" der Berner Software, mit der in dieser Diplomarbeit die ITRF-Punkteinschaltungen gerechnet werden. Einige Daten können von daher nur vom AIUB bezogen werden.

4.5.1.6. LINKS ZU MEHR INFORMATIONEN

Weitere Informationen zum IGS und eine umfangreiche Liste mit allen Analyse Zentren, vielen Daten Zentren und weiteren Institutionen des IGS gibt's u.a. unter

http://igscb.jpl.nasa.gov/overview/viewindex.html
http://igscb.jpl.nasa.gov/organization/orgindex.html
http://igscb.jpl.nasa.gov/organization/centers.html

4.5.2. GPS-KALENDER

Die Daten werden in den Datenbanken entweder nach dem Tag des Jahres oder dem Tag der GPS-Woche sortiert. Es gibt zwei komfortable Möglichkeiten, um dem kalendarischen Datum das entsprechende GPS-Datum zuzuordnen.

Zum einen kann man sich bei GIBS den GPS-Kalender runterladen.

http://gibs.leipzig.ifag.de/
⇨ Sonstiges (in der oberen Befehlszeile)⇨ GPS-Kalender

GPS-Messungen in Troia

June					
29 Thu	181		4	724	
30 Fri	182		5	725	

July					
Gregor date	day numb.	week /day	Modif. Jul.day		
1 Sat	183	1068/6	51 726		
2 Sun	184	1069/0	51 727		
3 Mon	185		1	728	
4 Tue	186		2	729	
5 Wed	187		3	730	
6 Thu	188		4	731	
7 Fri	189		5	732	
8 Sat	190		6	733	
9 Sun	191	1070/0	51 734		
10 Mon	192		1	735	
11 Tue	193		2	736	
12 Wed	194		3	737	
13 Thu	**195**		**4**	**738**	**⇦ 24-H-Messung**
14 Fri	196		5	739	
15 Sat	197		6	740	
16 Sun	198	1071/0	51 741		
17 Mon	199		1	742	
18 Tue	200		2	743	
19 Wed	201		3	744	
20 Thu	202		4	745	
21 Fri	203		5	746	
22 Sat	204		6	747	
23 Sun	**205**	**1072/0**	**51 748**	**⇦ 24-H-Messung**	
24 Mon	206		1	749	
25 Tue	207		2	750	
26 Wed	208		3	751	

GPS-Messungen in Udabno

August					
27 Sun	240	1077/0	51 783		
28 Mon	241		1	784	
29 Tue	242		2	785	
30 Wed	243		3	786	
31 Thu	244		4	787	

September					
Gregor date	day numb.	week /day	Modif. Jul.day		
1 Fri	245	1077/5	51 788		
2 Sat	**246**		**6**	**789**	**⇦ 24-H-Messung**
3 Sun	247	1078/0	51 790		
4 Mon	**248**		**1**	**791**	**⇦ 24-H-Messung**
5 Tue	249		2	792	
6 Wed	250		3	793	
7 Thu	251		4	794	
8 Fri	252		5	795	
9 Sat	253		6	796	
10 Sun	254	1079/0	51 797		
11 Mon	255		1	798	
12 Tue	256		2	799	
13 Wed	257		3	800	
14 Thu	258		4	801	
15 Fri	259		5	802	
16 Sat	260		6	803	
17 Sun	261	1080/0	51 804		
18 Mon	262		1	805	
19 Tue	263		2	806	
20 Wed	264		3	807	
21 Thu	265		4	808	
22 Fri	266		5	809	
23 Sat	267		6	810	

GPS-Kalender des GIBS

Oben dargestellt sind zwei Ausschnitte aus dem Kalender für das Jahr 2000. Grau gekennzeichnet sind die Zeiträume in denen in Troia bzw. Udabno mit GPS gemessen wurde. Die Tage, an denen 24-Stunden-Messungen durchgeführt wurden sind **fett** hervorgehoben.

Anhand der 24-Stunden-Messung vom 13.07.2000, soll im folgenden erläutert werden wie der Kalender zu lesen ist – *alle Beispiel werden im folgenden für diese Datum angegeben*.

- Der 13. Tag des Monats Juli ist ein Donnerstag.
- Er ist der 195. Tag des Jahres 2000.
- Er auch ist der 4. Tag der 1070'ten GPS-Woche.

Fast noch einfacher geht's mit den Datenkonverter des SOPAC.

http://sopac.ucsd.edu/
⇨ Other (in der oberen Befehlszeile)⇨ Data Converter

EINGABEFENSTER

Give Day:

2000 07 13

Supported Formats	Example
GPS Week + Day Of Week:	0975 5
Year + Day of Year:	1998 261
Modified Julian Day:	51074
Decimal Year:	1998.7164
Year, Month, Day:	1998 09

AUSGABEFENSTER

Prior Entry Results:	
GPS Week + Day Of Week:	1070 4
Year + Day of Year:	2000 195
Modified Julian Day:	51738
Decimal Year:	2000.5356
Year, Month, Day:	2000 07 13

Data Converter des SOPAC

Im ersten Fenster ist unter „give day" wieder der 13.07.2000 eingegeben worden. Nach der Eingabebestätigung kann man im zweiten Fenster das Datum in den verschiedenen Zeitbezügen ablesen.

In den Datenbanken der ISG-Server finden zwei Darstellungen des Datums Verwendung:
- GPS-Woche + Tag der Woche (wwwwd)
- Jahr und Tag des Jahres (yyddd)

Eine Datei des CODE für den 13.07.2000 kann demnach wie folgt aussehen:
- Cod10704.* (wwwwd)
- Cod00195.* (yyddd)

4.5.3. KARTEN DER IGS-STATIONEN

Wie bereits erwähnt, werden bei der ITRF-Punkteinschaltung IGS-Stationen als Referenzpunkte verwendet. Weltweit gibt es fast 200 kontinuierlich arbeitende Zweifrequenz GPS-Stationen. Um für die jeweilige Problemstellung die passenden Punkte auswählen zu können, werden vom IGS Karten und Listen mit allen Stationen bereitgestellt.

Zu finde sind diese u.a. unter folgenden Adressen:

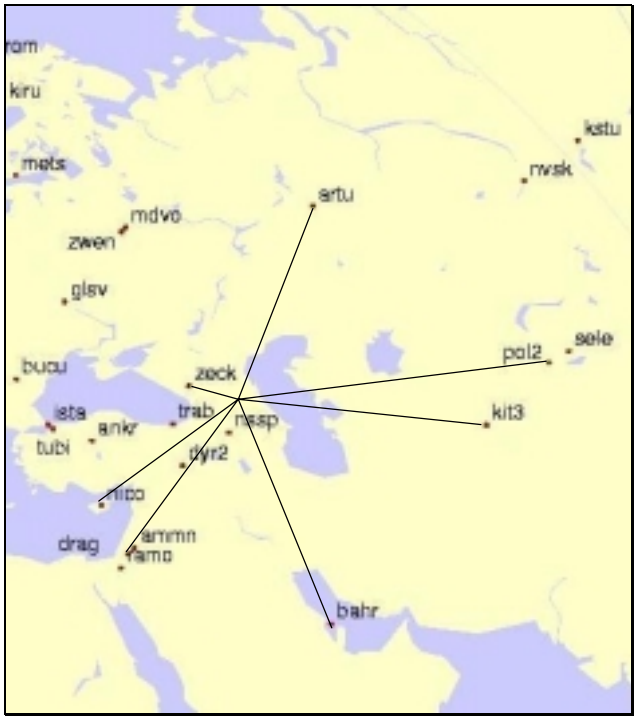
http://igscb.jpl.nasa.gov/
⇨ Tracking Network ⇨ Global Map (Karte der IGS Stationen)
⇨ Station List (Liste der IGS-Stationen)

http://cddisa.gsfc.nasa.gov/igsmap.pdf

http://sopac.ucsd.edu/
⇨ Map ⇨ IGS ⇨ IGS Array Map

BASELINEÜBERSICHT TROIA

BASELINEÜBERSICHT UDABNO



Karten mit IGS-Stationen

Die Baselineübersichten von Troia und Udabno entstanden auf Grundlage der Karte des JPL.

Im Idealfall sucht man sich die zu seinem Punkt nächsten IGS-Stationen aus, lädt diese von einem IGS Datenserver und führt die Berechnung durch. In der Praxis sind jedoch zwei Probleme aufgetreten.

Zum einen gibt es neben dem ITRF noch „lokale“ Systeme z.B. das EUREF und das GEREF. Im Koordinatenfile für die Berner Software finden aber nur ITRF-Punkte Berücksichtigung, diese haben den *Flag* „I“ bzw. „IGS“. Je nach Karte erkennt man aber nicht zu welchem System ein Punkt gehört.

Die Lösung des Problems ist denkbar einfach: man lädt zuerst das Koordinatenfile vom Server des AIUB und überprüft ob die Koordinaten der gewünschten Station mit *Flag* „I“ enthalten sind. Erst dann läd man die Beobachtungsfiles herunter.

Der entgegengesetzte Fall ist ebenso möglich; die Koordinaten sind vorhanden, es liegt jedoch kein Beobachtungsfile vor. Dies kann der Fall sein, wenn eine Station auf Grund technischer Probleme oder Wartungsarbeiten kurzfristig ausfällt.

In einem solchen Fall bleibt einem nichts anderes, als eine andere Station auszuwählen.

4.5.4. DATEN VOM AIUB

Wie bereits erwähnt, ist das AIUB sowohl die „Heimat“ der Berner Software, als auch des Analysezentrums CODE.

Entsprechend gibt es unter der allgemeinen FTP-Adresse des AIUB (ftp://ftp.unibe.ch/aiub) zwei Verzeichnisse mit relevanten Daten.

- Im Verzeichnis *BSWUSER* findet der Nutzer der Berner Software wichtige systemspezifische Dateien.
- Im Verzeichnis *CODE* werden IGS-Produkte bereitgestellt.

Die Dateinamen der CODE-Produkte sind folgendermaßen aufgebaut:

LLLyyddd.ext(.Z)	tägliche Daten im Format Jahr, Tag des Jahres
LLLwwwwd.ext(.Z)	tägliche Daten im Format GPS-Woche, Tag der Woche
LLLwwww7.ext(.Z)	wöchentliche Daten

Dabei werden verschiedene Lösungen unterschieden

LLL = COD	endgültige IGS-Lösung des CODE
COR	„rapid“ IGS-Lösung des CODE
COE	auf das EUREF abgestimmte Lösung des CODE
BRD	„broadcast“ Informationen für Uhrparameter

Dateien die auf „.Z“ enden sind komprimiert und müssen mit einer speziellen Software entpackt werden.

Informationen zu den Produkten des AIUB gibt es auch im Handbuch der Berner Software im Kapitel 7.4 „External Data Sources“.

4.5.4.1. DAS VERZEICHNIS BSWUSER

Ordner im Verzeichnis BSWUSER

ATM	Sortiert nach Jahr und Tag des Jahres werden Troposphärenmodelle (*.trp), globale (*.ion) und europäische Ionosphärenmodelle (*inx) bereitgestellt
DATPAN	Datei für die Darstellung der Stationsnamen mit 4, 3 und 2 Zeichen
EXAMPLES	Alle Daten der Beispiele aus dem Handbuch der Berner Software
GEN	Allgemeine Dateien wie z.B. Antennen/Receiver Daten und Konstanten
ORB	Uhrparameter (*.clk) und Differential Code Biases (*.dcb)
STA	Wochen- und Monatsfiles der Stationskoordinaten (*.cdr) - sortiert nach Jahren, Übersetzungstabelle unterschiedlicher Stationsnamen (itrfcode.htr), Übersetzungstabelle unterschiedlicher Receiver- /Antenennamen (itrf.tnr) und Velocetifiles (*.vel)
TXT	Textdateien mit Informationen

Der Ordner GEN

Im Ordner GEN werden Dateien mit allgemeinen Informationen für die Berner Software bereitgestellt.

Bullet_A.erp, CO4_yyyy.erp, CODwwww7.erp

Präzise Polefiles im Berner Format. Es gibt unterschiedliche Polfiles.

- Die Bulltin-A-Serie steht recht schnell zur Verfügung, enthält aber noch recht viele angenommene Parameter. Die Datei Bullet_A , enthält alle Polinformationen von 1992 bis zum aktuellen Datum und sogar Daten der folgenden 10 Tage.
  Bemerkung: Die in vielen vorhergehenden Diplomarbeiten benutzten RAP_yyyy.erp gibt es nicht mehr.
- Die Bulltin-B-Serie enthalten die entgültigen Polinformationen, steht aber erst nach ca. 2 Monaten zur Verfügung. Zu dieser Serie zählen die C04-Dateien und die Wochenfiles.

Phas_igs.01

Im Antennen Phasen File werden die Phasenzentrumsexzentrizitäten verschiedener Receiver- / Antennenkombinationen dargestellt.

Sat _yyyy.crx

Das Satelliten Problem File (satcrux) beinhaltet alle Informationen zu Satelliten, die temporär ausgefallen sind, oder auf Grund technischer Probleme schlechte/unbrauchbare Daten gesendet haben.

Satelit.ttt

Satellitenspezifische Daten für GPS und GLONASS.

Itrfcode.trn

Receivern und Antennen Typen Übersetzungstabelle.

Receiver

Receiver Informationen im Berner Software Format.

Const

Allgemeine Konstanten für die Berner Software.

Datum

Lokales geodätisches Datum für die Berner Software.

GpsUtc

Differenz zwischen der GPS und der UTC-Zeit.

Der Ordner STA

Der International Terrestrical Reference Frame (ITRF) ist die Bezugsfläche für die IGS-Stationen. Das aktuell Datum ist das ITRF 97. Um eine optimale Konsistenz aller IGS-Produkte zu erreichen, werden die Koordinaten der IGS-Stationen seit der GPS-Woche 1065 in der Realisierung IGS 97 berechnet [IGS-Mails 2899 und 2904; Position Paper #3 des IGS Analysis Center Workshop, Darmstadt, Feb. 1998].

Die Datei
IGS_97.crd enthält IGS 97 Koordinaten zur Epoche 01.01.1997
IGS_97.vel enthält die Punktgeschwindigkeiten (Veloceties)

Im Ordner des entsprechenden Jahres – in diesem Fall des Jahres 2000 – werden die Monats- und Wochenfiles vorgehalten.

Die Datei
IGS_0070.crd enthält IGS Koordinaten für den Monat Juli 2000
COD10707.crd enthält die Koordinaten für die GPS-Woche 1070

Der *Flag* gibt den Punktstatus an. Nur Punkte mit dem Flag „IGS97“ bzw. „I“ haben gültige ITRF-Koordinaten, nur sie dürfen für eine Berechnung herangezogen werden.

Die Koordinaten in den Wochenfiles haben im Normalfall keinen Flag, können von daher auch nicht für eine ITRF-Punkteinschaltung verwendet werden.

4.5.4.2. DAS VERZEICHNIS COD

Aus dem Verzeichnis COD können zum einen die „predicted“ und „rapid“ Produkte des IGS bezogen werden. Diese haben nicht ganz die Genauigkeit der endgültigen Produkte, stehen dafür schon nach kurzer Zeit zur Verfügung.

Sortiert nach Jahren werden folgende Daten bereitgestellt:

CODwwwwd.ion

Das Ionosphärenmodell, wie es z.B. bei der Auswertung langer Baselines mit der QIF-Stratigie benötigt wird.

CDOwwwwd.eph

Das offizielle final Orbit beinhaltet hochpräzisen Satellitenbahndaten.
*Wichtig: Für die Verwendung in der Berner Software ist eine Umbenennung von ***.eph** in ***.pre** notwendig.*

CODwwww7.erp

Wöchentliche Dateien mit Polinformationen der Bullet_B-Serie.

4.5.5. BEZUG DER RINEX-DATEN DER IGS-STATIONEN

Die **R**eceiver **I**ndependent **Ex**change (RINEX) Daten aller IGS-Stationen können von mehreren Servern bezogen werden. Es werden verschiedene Informationen zur Verfügung gestellt.

Die Dateinamen der RINEX-Daten setzen sich wie folgt zusammen:

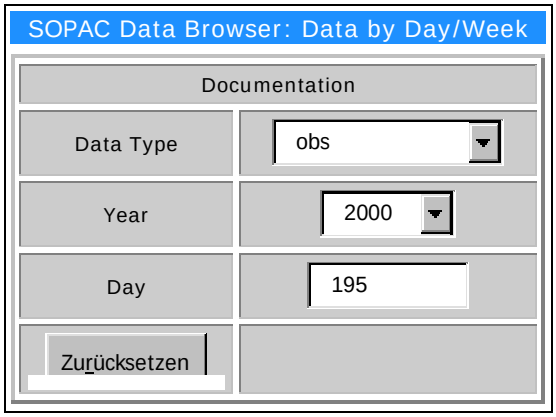
SSSSddd.yyE

SSSS	bezeichnet die Station (z.B. ANKR für Ankara).
ddd	bezeichnet den Tag als Tag des Jahres (z.B. 195 für den 13.07.)
.yy	steht für das Jahr (z.B. 00 für das Jahr 2000)
E	die Extension bezeichnet den Datentyp:
	o Beobachtungsfile
	d Beobachtungsfile Hatanoka komprimiert
	m Meterologische Daten (stationsbezogen!)
	n Navigation Files (broadcast Orbits)
	s Summary File

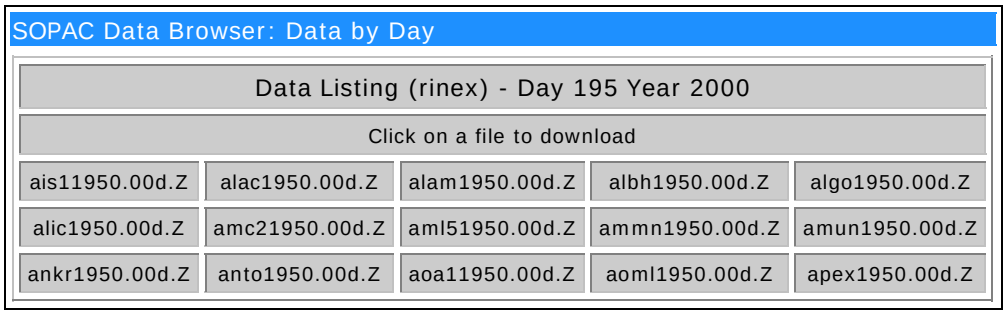
4.5.5.1. DATEN VOM SOPAC

Das Herunterladen der Daten vom SOPAC ist besonders komfortabel.

http://sopac.ucsd.edu/
⇨ Data Achive ⇨SOPAC Data Browser ⇨ Data Achive: Data By Day



Auswahlfenster der SOPAC-Datenbank



Ausschnitt aus der Datentabelle des SOPAC

4.5.5.2. DATEN VOM CDDIS

Das CDDIS stellt neben den RINEX-Daten auch noch Daten des CODE und IGS zur Verfügung.

ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps
⇨ gpsdata ⇨ yydddd
RINEX-Daten im oben Dargestellten Format

⇨ products ⇨ wwww
COD *.CLK
*.EPH
*.ERP
IGS *.ERP

4.5.5.3. DATEN VOM IFAG

Das IFAG stellt ebenfalls sowohl RINEX, als auch CODE und IGS-Daten zur Verfügung.

http://igs.ifag.de/
⇨ IGS ⇨ Observation ⇨yyyy ⇨ ddd
Hatanoka komprimierte Beobachtungsfiles, sowie metrologische Daten

⇨ IGS ⇨ Products ⇨ Orbits ⇨ wwww
COD *.ERH
IGS *.ERP

⇨ IGS ⇨ Products ⇨ Parameter
CO4_yyyy.erp

4.5.6. DEKOMPRIMIERUNG DER DATEN

Es wurde bereits erwähnt, dass ein Teil der Daten gepackt ist. Beim Entpacken mit herkömmlicher Software wie WinZIP gibt es in der Regel Probleme mit der Formatierung. Die BS kann die Daten dann nicht lesen.

4.5.6.1. BEZUG DER DEKOMPRIMIERUNGS SOFTWARE

Die von den IGS-Mitgliedern verwendete Dekomprimierungssoftware kann von verschiedenen Servern bezogen werden.

http://gibs.leipzig.ifag.de/
⇨ Dienstprogramme ⇨ Decompriemierungssoftware

ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/software
⇨compress ⇨ dos
⇨rnxcomp_2.4.0 ⇨ dos

ftp://lox.ucsd.edu/pub/software/rnxcmp/dos/

4.5.6.2. ENTPACKEN DER DATEN

Alle Daten der Form *.xxx.Z müssen als erstes in die Form *.Z gebracht werden.
Vorsicht: Einige Dateien unterscheiden sich nur durch ihre Endung.

Die Software muss im DOS-Eingabefenster gestartet werden.
Das Programm COMPRESS.EXE entpackt alle Dateien der Form *.Z. Dies geschieht mit dem Befehl:

Decompr Inputfile.Z Outputfile.xxx

Beobachtungsfiles, die nach dem Hatanoka-Verfahren komprimiert wurden, müssen nun in einem zweiten Schritt mit dem Programm CRZ2RNX.EXE abermals entpackt werden. Dies geschieht mit dem Befehl:

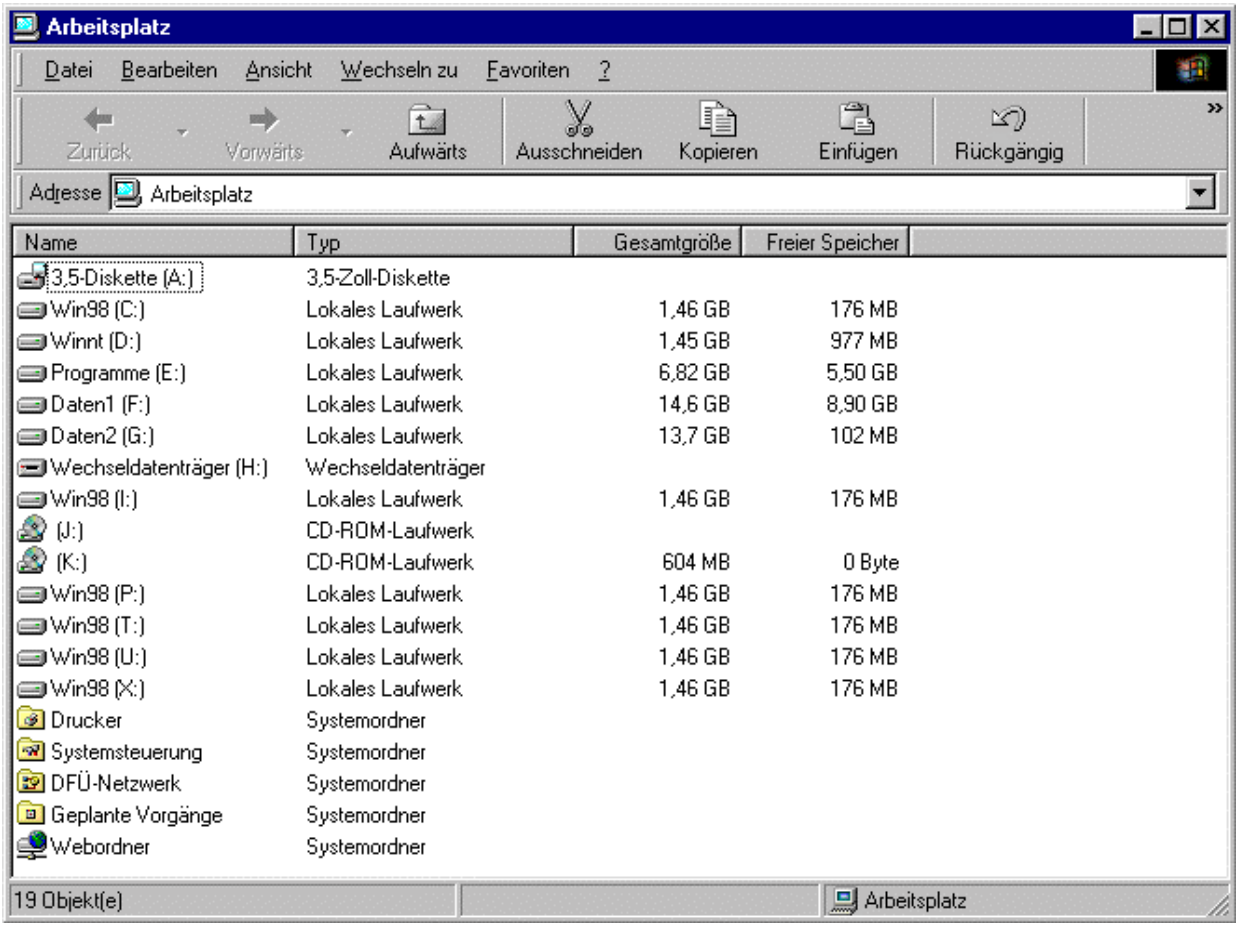
Crz2rnx inputfile.yyd - > Outputfile.yyo

Der Grund der Doppelkomprimierung liegt auf der Hand. Hatanoka komprimierte Beobachtungsfiles sind mit ca. 200 – 400 kb kaum halb so groß, wie nur mit compress gepackte Daten (500 – 1000 kb). Dies ist vor allem bei schlechten Übertragungsraten von Vorteil.

4.6. START DER BS UND SUBSTITUTION DER LAUFWERKE

4.6.1. START UNTER WINDOWS

Durch Doppelklick auf das Verknüpfungsicon wird die LOADGPS.BAT ausgeführt. Dieser Datei kommt die Aufgabe zu, Laufwerke zu substituieren, eine Besonderheit der BS und eine potentielle Fehlerquelle.



Substituierte Laufwerke

Im Bild oben erkennen man, dass die BS die Laufwerke I:, P:, T:, U: und X: als Substitution des Laufwerks C: anlegt. Damit es nicht zu Konflikten kommt musste das CD-ROM-Laufwerk von I: auf K: umbenannt werden.

Bei der Substitution werden allen Hauptverzeichnisse - bis auf PGM - ein Laufwerk zugewiesen. Im Einzelnen werden die Ordner wie folgt substituiert:

C:\Bern42\Inclib\For → I:
C:\Bern42\Campain → P:
C:\Bern42\\Bpetemp → T:
C:\Bern42\Gpsuser → U:
C:\Bern42\Gps42 → X:

4.6.2. START UNTER DOS

Zum Start der BS unter **DOS** muss man ins EXE-Verzeichnis wechseln. Bei der Standardinstallation ist dies der Ordner
C:\Bern42\GPS42\EXE

Nun kann man die BS durch Eingabe des Befehls *LOADGPS* aufrufen.

4.6.3. HAUPTMENÜ DER BS

Sowohl unter DOS, als auch im DOS-Eingabefenster wird die BS durch die Eingabe von „*G*“ gestartet. Man gelangt immer zuerst ins HAUPTMENÜ.

```
S:Y C:0

   0 ..   DEFAULTS        : Defaults for Processing, Program and File Names
   1 ..   CAMPAIGNS       : Informations and Update of Campaigns
   2 ..   TRANSFER        : Data Transfer to Bernese Format; Simulation
   3 ..   ORBITS          : Orbit Computation, Check and Update
   4 ..   PROCESSING      : Preprocessing and Processing of Observations
   5 ..   SERVICES        : Service Programs
   6 ..   BPE             : Bernese Processing Engine
   7 ..   DOCU            : Documentation, Help Panels
   9 ..   USER            : Individual User Programs

  =H      HELP            : Get Help Panel
  =X      EXIT            : Terminate GPS Processing

          Enter Selection :
```

Das Hauptmenü der Berner Software

4.6.4. BEDIENUNG DER BS

Die BS ist über wenige – etwas gewöhnungsbedürftige – Befehle zu steuern:

0 ... 9 ↵	Wahl des nächsten Untermenüs. Bei genauer Kenntnis des Menüpunktes kann ein Menüpunkt auch direkt anwählt werden. Z.B. durch Eingabe von 2.7.1 ↵ gelangt man ins Menü „TRANSFER: RINEX OBS. to BERNESE“
Esc	Bestätigung innerhalb der Menüs
Leertaste	Auswahl einer Option
S	Auswahl einer Datei
=q ↵	Zurück ins übergeordnete Menü
=p ↵	Sprung ins Hauptmenü
=x ↵	Beenden der BS (und Schließen des DOS-Eingabefensters)
F1	Ruft innerhalb eines Menüs die Informationen zu den Menüoptionen auf
F3	Neue Zeile hinzufügen
F4	Löschen der aktuellen Zeile
Err ↵	Fehlermeldung anzeigen
Errdel ↵	Fehlermeldung löschen
Job ↵	Anzeige der Ausgabedatei (Aufruf des Menüs 5.9)

4.6.4.1. FEHLERMELDUNGEN

Unten ist ein Auswahlmenü abgebildet, wie es sich darstellt nachdem ein Fehler aufgetreten ist. Der Fehler kann durch Eingabe von ***ERR*** angezeigt bzw. ***ERRDEL*** gelöscht werden.

```
 2        TRANSFER: OPTION MENU
S:Y C:0   READ AND DELETE ERROR MESSAGE FILE "U:\WORK\ERROR.MSG"

  0 ..   FTP             : Download Data from IGS Data Centers or CODE
  2      TI-4100 FILES   : Transfer TI-4100 Rawdata into Bernese Files
  5 ..   RAWDATA > RINEX : Create RINEX Files from Rawdata Files
  6 ..   BERNE --> RINEX : Transfer Bernese Files into RINEX Files
  7 ..   RINEX --> BERNE : Transfer RINEX Files into Bernese Files
  8      SIMULATION      : Create Code and Phase Files by Simulation

         Enter Selection :
```

Auswahlmenü nach dem ein Fehler aufgetreten ist

4.6.4.2. AUSGABEDATEIEN

Nach Abschluß einer Berechnung, kann durch Eingabe von ***JOB*** die Ausgabedatei angesehen werden. Der Befehl ruft den Menüpunkt 5.9 „JOB OUTPUT UTILITIES“ auf.

```
 5.9        JOB OUTPUT UTILITIES

   B - Display Output                  F - Create Output File
   E - Edit  Job Output                D - Delete Job Output
   P - Print Job Output                C - Execute Command With Job Listing
   X - Exit                            N - Set Next Job Output Number

 Option:             > B <

 Job:
   CAMPAIGN          > TROIA    <     (blank for selection list)
   PROGRAM NAME      > RXOBV3   <     (blank for selection list, *: all)
   OUTPUT NUMBER     > 01  <          (L:Last, NO, or blank for sel. list)
   GENERAL OUTPUT    > NO       <     (NO, or blank for selection list)

 Output File:
    JOB OUTPUT         >                                <   (Option "F")
    COMMAND TO EXECUTE >                                <   (Option "C")
```

Menü 5.9, JOB OUTPUT UTILITIES

4.7. ANLEGEN UND VORBEREITEN EINER KAMPAGNE

Dem Anlegen und insbesondere dem Vorbereiten einer Kampagne kommt bei der Berner Software eine große Bedeutung zu. Es ist wichtig die richtigen Dateien auszuwählen und zu prüfen, ob diese in Ordnung sind. Gegebenenfalls müssen Dateien editiert werden.

4.7.1. ANLEGEN EINER KAMPAGNE

Neue Kampagnen werden im Menü 1 „CAMPAINS“ angelegt.

```
| 1        | CAMPAIGNS: OPTION MENU                                          |
| S:Y C:0  |                                                                 |
|          |                                                                 |
|  1       | ADD/DEL CAMPAIGN: Add / Delete Campaign in Table                |
|  2       | CREATE SUBDIR   : Create Subdirectories, Default Files          |
|  3       | DEFINE SESSIONS : Session Definition (Number, Start/End-Time)   |
|  4 ..    | STATION FILES   : Coord, Abbrev, Translation Table, Eccentr     |
|  5 ..    | AUTOMATION      : Prepare Automated Processing                  |
|  9       | REMOVE SUBDIR   : Delete Files, Remove Subdirectories           |

           Enter Selection :
```

Menü 1, CAMPAIGNS: OPTION MENU

*Wichtig: Im Menü 0-1 „DEFAULTS:PROCESSING“ muß die Option „SUBMIT JOBS: > **YES** <“ gesetzt sein. Dies bewirkt, dass die substituierten Laufwerke genutzt werden.*

Unter dem Menüpunkt 1-1 „ADD/DEL CAMPAINS“ kann mit F3 eine neue Zeile eingefügt und anschließend die Kampagne mit Name, Anfangs- und Enddatum sowie einem Kommentar definiert werden. Überflüssige Kampagnen können mit F4 gelöscht werden.

```
| 1-1      | CAMPAIGNS: DEFINITION OF NAMES                                  |

  Campaign       Start Date     End Date     Path          Comments

> DOCU42_1 <   > 13-JUN-96 < > 14-JUN-96 < > P:\  < > DEMO BPE: DOCU42_1  <
> Troia    <   > 30-JUN-00 < > 24-JUl-00 < > P:\  < > ITRF-Einschaltung   <
```

Menü 1-1, CAMPAIGNS: DEFINITION OF NAMES

Nach Bestätigung mit ESC werden im Verzeichnis *C:\Bern42\Campains* die entsprechenden Ordner hinzugefügt bzw. gelöscht.

Der Menüpunkt 1.2 „CREATE SUBDIRECTORIES“ dient dem Anlegen der Unterverzeichnisse. Es muss lediglich eine Kampagne ausgewählt und mit ESC bestätigt werden.

Die Auswahl vorhandener Dateien erfolgt, durch „Eingabe“ eines Leerzeichens an der ersten Stelle des Auswahlfeldes.

```
| 1.2      | CAMPAIGNS: CREATE SUBDIRECTORIES  Selection of the Campaign     |

  CAMPAIGN       > TROIA    <     (blank for selection list)
```

Menü 1.2: CAMPAIGNS: CREATE SUBDIRECTORIES

In diesem Menü kann keine Auswahl getroffen werden, hier erfolgt die Bestätigung mit RETURN.

```
SELECTION OF SUBDIRECTORIES TO BE CREATED

  P:\TROIA
  P:\TROIA\DATPAN

> P:\TROIA\OBS                    <
> P:\TROIA\RAW                    <
> P:\TROIA\ORX                    <
> P:\TROIA\ORB                    <
> P:\TROIA\STA                    <
> P:\TROIA\ATM                    <
> P:\TROIA\OUT                    <
```

Informationsfenster: SELECTION OF SUBDIRECTORIES TO BE CREATED

An dieser Stelle wird deutlich, dass die BS mit substituierten Laufwerken Arbeitet. Die neuen Ordner sind unter *C:\Bern42\Campains\Troia* angelegt worden.

In den Ordnern werden folgende Dateien abgelegt:

ATM	Ionosphären- und Troposphärenmodelle
DATPAN	Tabelle mit Stationskürzeln, Liste der Observation-Files
OBS	Beobachtungen im Berner Format
ORB	präzise Orbits
OUT	Ausgabedateien der BS
RAW	Beobachtungsfiles im RINEX-Format
STA	Stationskoordinaten

Für die Kampagne Troia bildeten folgende Dateien die Datengrundlage:

ATM	cod10704.ion, cod10720.ion
ORB	cod10704.pre, cod10720.pre
RAW	ankr1950.00o, … , zeck1950.00o
	ankr2050.00o, … , zeck2050.00o
STA	igs_0700.crd, troiastn.stn

Neben den kampagnenbezogenen Daten benötigt die BS noch allgemeine Informationen. Die Festlegung, welche Dateien Verwendung finden geschieht unter dem Menüpunkt 0.3-1 „Defaults: General Dataset Names“. Diese Dateien müssen im Ordner **GEN** abgelegt sein.

```
0.3-1   DEFAULTS: GENERAL DATASET NAMES

General Datasets:
  GEODETIC DATUM     > DATUM.       <    CONSTANTS         > CONST.       <
  PHASE CENTER ECC.  > PHAS_IGS.01  <    RECEIVER INFO     > RECEIVER.    <
  EARTH POTENTIAL    > jgm3.        <    POLE INFORMATION  > cod10707.erp <
  POLE OFFSET COEF.  > POLOFF.      <    LEAP SECONDS      > GPSUTC.      <
  SAT. PARAMETERS    > SATELLIT.TTT <    MANOEUVERS ETC.   > SAT_2000.CRX <
  SINEX GENERAL FILE > SINEX.       <    STATION PROBLEMS  > STACRUX.     <
  IONEX CONTROL FILE > IONEX.       <
Extensions:
  IERS BULLETINS     > IER <      RCVR/ANT.NAME TRANSLATION TABLES  > TRN <

Path to the Datasets:           > X:\GEN\                  <
Input Files:                      Path                         Extension
  N-,I-,F-FILES                 > U:\INP\                  <    > INP <
  SKELETON FILES                > X:\SKL\                  <    > SKL <
  PANEL UPDATE DIRECTORY LISTS  > X:\SKL\                  <    > UPD <

Auxiliary Files (Scratch Files) > U:\WORK\                 <    > SCR <
Error Message File (Full Name): > U:\WORK\ERROR.MSG                <
```

Menü0.3-1, DEFAULTS: GENERAL DATASET NAMES

Besonderes Augenmerk sollte hier den **fett** hervorgehobenen Dateien geschenkt werden.

4.7.2. EINGABEDATEIEN

Im Folgenden werden die wichtigsten Eingabedateien kurz erläutert.

4.7.2.1. BEOBACHTUNGSDATEIEN IM RINEX-FORMAT

Jeder Hersteller von GPS-Empfängern hat sein eigenes Ausgabeformat definiert. Daraus entstand mit der Zeit ein babylonisches Format-Wirrwarr. Zur Berechnung weltweiter Netze wie dem ITRF ist es notwendig, Daten verschiedener GPS-Empfänger in ein Programm einlesen zu können. Aus diesem Grund ist 1989 vom AIUB das Receiver Independent Exchange-Format (RINEX) entwickelt worden. Die aktuelle Version 2 dieses Formats wurde im September 1990 auf dem Internationalen GPS Symposium in Ottawa beschlossen. Es definiert im ASCII-Format:

- GPS-Beobachtungsdaten
- Navigationsdaten (broadcast Ephemeries)
- Metrologische Daten
- GLONASS Daten

RINEX hat sich als Austausch-Format (ähnlich dem DXF bei Vektordaten) durchgesetzt. Jede GPS-Auswertesoftware kann mittlerweile RINEX-Daten ein- und auslesen.

Für die Berechnung einer ITRF-Punkteinschaltung werden Beobachtungsfiles im RINEX-Format benötigt. Die Dateien gliedern sich in den:

- Kopf (Header) mit allgemeinen Informationen
- Datenteil mit den Beobachtungen

Der Header

```
     2              OBSERVATION DATA                        RINEX VERSION / TYPE
DAT2RIN 2.35a       A.S.I. - TELESPAZIO 14JUL00  1:51:41 GMTPGM / RUN BY / DATE
AUTOMATIC           A.S.I. - TELESPAZIO                     OBSERVER / AGENCY
21577               TRIMBLE 4000SSI     Nav 7.29 Sig 3.07   REC # / TYPE / VERS
11724               TRM29659.00                             ANT # / TYPE
NOTO                                                        MARKER NAME
12717M003                                                   MARKER NUMBER
  4934529.9834  1321262.1472  3806481.9919                  APPROX POSITION XYZ
        0.0000        0.0000        0.0000                  ANTENNA: DELTA H/E/N
     1     1     0                                          WAVELENGTH FACT L1/2
     4    L1    C1    L2    P2                              # / TYPES OF OBSERV
    30                                                      INTERVAL
  2000     7    13     0     0   30.000000                  TIME OF FIRST OBS
    27                                                      # OF SATELLITES
                                                            END OF HEADER
```

Der editierte Header der Datei NOTO1950.00o

Der Kopf einer solchen Datei muss mindestens folgende Informationen enthalten:

- Datentyp
- verwendetes Programm, Berechner und Datum der Umsetzung
- Beobacheter, Institution
- Receiver Nummer und Typ
- Antennen Nummer und Typ
- Stationsnamen und –Nummer
- Vorläufige Koordinaten
- Antennenoffsets
- Wellenlängen Faktoren
- Beobachtungstypen
- Anfangsdatum und -Zeit der Beobachtung
- Anzahl der verwendeten Satelliten

Oftmals sind weitere Informationen und Kommentare enthalten. Dies kann zu Problemen beim Einlesen der Dateien führen. In solchen Fällen sollte der Header auf das oben dargestellte Minimum reduzieren werden (siehe auch Kapitel 4.8.1 „Datentransfer“).

Die Wellenlängenfaktoren bedeuten folgendes:
- 1 : Ambiguities in vollen Wellenlängen
- 2 : Ambiguities in halben Wellenlängen
- 0 : Einfrequenzgerät

Es können diese Beobachtungstypen vorkommen:
- L1, L2 : Phasenmessungen auf L1 und L2 - in Anzahl der Wellenlängen
- C1 : Psydoentfernung ermittelt mit C/A-Code auf L1 - in Meter
- P1, P2 : Psydoentfernung ermittelt mit P-Code auf L1,L2 - in Meter
- D1, D2: Dopplerfrequenz auf L1 und L2 - in Hertz

<u>Der Datenteil</u>

```
 0  7 13  0  0 30.0000000  0  7  4  5  6  9 24 29 30
 -3717506.06910  23332590.19500  -2808126.27150  23332597.60540
-18515591.49610  20552522.56300 -14281872.87150  20552527.87140
  -306010.05610  24121521.56300    -82945.67450  24121531.94940
-14387547.20510  20592335.24200 -10986034.80750  20592340.36340
 -3637966.21010  23246792.70300  -2684209.59050  23246801.21540
 -6867671.32810  22904844.88300  -5178891.15850  22904850.60240
 -4669159.15110  22229010.24200  -3195167.63450  22229016.16040
 0  7 13  0  1  0.0000000  0  7  4  5  6  9 24 29 30
 -3739957.41600  23328317.47700  -2825620.76740  23328324.41840
-18528276.33100  20550108.56300 -14291757.14640  20550113.98840
  -408881.71800  24101945.14800   -163105.22040  24101952.66440
-14353237.37000  20598864.15600 -10959299.87940  20598869.52340
 -3703393.11000  23234342.45300  -2735191.53940  23234350.90640
 -6915500.30600  22895743.59400  -5216160.47540  22895749.60540
 -4732569.99900  22216943.38300  -3244578.60840  22216949.00840
```

Ausschnitt aus dem Datenteil der Datei NOTO1950.00o

Im Datenteil werden die Beobachtungsblöcke – bei IGS-Stationen im 30 Sekunden Takt – dargestellt. Jeder Beobachtungsblock beginnt mit einer Informationszeile, diese enthält:
- Datum und Zeitpunkt der Aufzeichnung - Jahr, Monat, Stunde, Minute, Sekunde
- Beobachtungsstatus (Flag)
- Anzahl und Nummern der Satelliten

Es folgen die Beobachtungen der angegebenen Satelliten (Beobachtungstyp siehe Header).

Der Flag bedeutet Folgendes:
- 0 : OK
- 1 : Stromausfall zwischen dieser und der vorhergehenden Epoche
- > 1 : Ereignisse wie z.B. das Verschieben der Antenne

Weiter Informationen zum RINEX-Format kann man im BS-Handbuch im Kapitel 7.1 „Transfer to RINEX“ ab Seite 101 nachlesen.

Die vollständige und aktuelle Beschreibung des RINEX-Formates gibt es unter der Adresse:
http://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/data/format/rinex2.txt

4.7.2.2. IONOSPHÄRENMODELL

Im Handbuch zur Berner GPS Software wird empfohlen, für die Auswertung von Baselines über 500 km Länge, ein Ionosphärenmodell zu verwenden. Die globalen Ionosphärenmodelle des CODE gliedern sich in zwölf Abschnitte, welche die Ionosphäre jeweils für einen Zeitraum von zwei Stunden beschreiben. Vergleichbar den RINEX-Datein sind die einzelnen Abschnitte in Header und Datenblöcke unterteilt. Die Header enthalten allgemeine Informationen, unter anderem die Höhe des *single layers*. In den Datenblöcken sind die VTEC-Werte mit ihren Genauigkeiten in TECU angegeben (siehe Kapittel 3.6.1 „Ionosphärische Refraktion“).

```
CODE'S GLOBAL IONOSPHERE INFO FOR DAY 195, 2000                  17-JUL-00 20:20
--------------------------------------------------------------------------------
MODEL NUMBER / STATION NAME                    : 1950-01                    ⇐ Beginn des ersten Headers
MODEL TYPE (1=LOCAL,2=GLOBAL,3=STATION)        :    2
MAXIMUM DEGREE OF SPHERICAL HARMONICS          :   12
MAXIMUM ORDER                                  :    8
DEVELOPMENT WITH RESPECT TO
  GEOGRAPHICAL (=1) OR GEOMAGNETIC (=2) FRAME  :    2
  MEAN (=1) OR TRUE (=2) POSITION OF THE SUN   :    1
MAPPING FUNCTION (0=NONE,1=1/COS)              :    1
HEIGHT OF SINGLE LAYER AND ITS RMS ERROR (KM)  :  450.00     0.00           ⇐ Höhe des single layer
COORDINATES OF EARTH-CENTERED DIPOLE AXIS
  LATITUDE OF NORTH GEOMAGNETIC POLE (DEGREES) :   79.48
  EAST LONGITUDE (DEGREES)                     :  -71.78
PERIOD OF VALIDITY
  FROM EPOCH / REFERENCE EPOCH (Y,M,D,H,M,S)   : 2000 07 13 00 00 00        ⇐ Beginn der ersten Epoche
  TO EPOCH                                     : 2000 07 13 02 00 00        ⇐ Ende der ersten Epoche
LATITUDE BAND COVERED
  MINIMUM LATITUDE (DEGREES)                   :  -87.47
  MAXIMUM LATITUDE (DEGREES)                   :   87.17
ADDITIONAL INFORMATION
  NUMBER OF CONTRIBUTING STATIONS              :  140                       ⇐ Anz. der  beteiligten Stationen
  NUMBER OF CONTRIBUTING SATELLITES            :   27                       ⇐ Anz. der verwendeten Satelliten
  ELEVATION CUT-OFF ANGLE (DEGREES)            :   10
  MAXIMUM TEC AND ITS RMS ERROR (TECU)         :   85.51     1.53
COMMENT / WARNING                              :
COEFFICIENTS
DEGREE  ORDER    VALUE (TECU)   RMS (TECU)                                  ⇐ Beginn des ersten Datenblocks
   0       0       29.32526867     0.1078                                   ⇐ VTEC-Werte, Genauigkeitsangabe
   1       0        5.11067071     0.0987
   1       1       10.47312572     0.0929
   1      -1        5.98998519     0.0868
   .       .       ...........     ......
   .       .       ...........     ......
  12       7        0.08673283     0.0570
  12      -7       -0.03319151     0.0565
  12       8       -0.03114803     0.0537
  12      -8       -0.01126145     0.0537
…
…
 CODE'S GLOBAL IONOSPHERE INFO FOR DAY 195, 2000                  17-JUL-00 20:20
--------------------------------------------------------------------------------
MODEL NUMBER / STATION NAME                    : 1950-12                    ⇐ Beginn des zwölften Headers
…
…
```

Ausschnitt aus den Ionosphhärenmodell für den 13.07.2000

<u>Weitere Informationen:</u> BS-Handbuch Kapittel 13 „Ionosphere Modeling and Estimation“; Globales Ionosphärenmodell auf Seite 201.

4.7.2.3. PRÄZISE ORBITS

Erst durch die präzisen Orbits ist es möglich geworden, lange Baselines mit Zentimetergenauigkeit – und besser – zu berechnen. Bereits bei einer Baselinelänge von 100 km bringen sie eine deutliche Genauigkeitssteigerung (siehe Kapitel 3.4 „Satellitenbahnen“).

Im Header der PRE-Dateien (BS-Bezeichnung!) finden sich allgemeine Informationen wie die Bezeichnung der Satelliten. Im Datenteil sind die geozentrischen Koordinaten aller Satelliten dargestellt. Die Satellitenkoordinaten sind im Abstand von 15 Minuten neu geschätzt.

```
#aP2000  7 13  0  0  0.00000000      96 d+D   IGS97 FIT AIUB
## 1070 345600.00000000   900.00000000 51738 0.0000000000000
+   27     1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 13 15 16 17 19 20
+         21 22 23 24 25 26 27 29 30 31  0  0  0  0  0  0  0
+          0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
+          0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
+          0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
++         5  5  5  5  5  5  5  5  5  5  5  5 14 13  5 13  5
++         5  5  8 13  5  5  6  5  5  5  0  0  0  0  0  0  0
++         0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
++         0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
++         0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%f  0.0000000  0.000000000  0.00000000000  0.000000000000000
%f  0.0000000  0.000000000  0.00000000000  0.000000000000000
%i    0    0    0    0      0      0      0      0         0
%i    0    0    0    0      0      0      0      0         0
/* CENTER OF ORBIT DETERMINATION IN EUROPE (CODE)
/* FINAL 3-DAY ORBIT FOR SOLUTION F3_00195
/* INCLUDING PRECISE CLOCK INFORMATION
/* CLK ANT Z-OFFSET(M): II/IIA 1.023; IIR 0.000
*  2000  7 13  0  0  0.00000000
P  1 -26577.551203    163.280128    457.924125 999999.999999
P  2  -8539.278996  24749.167362   2905.336546 999999.999999
…
…
P 30  18023.495463 -13554.873904  13832.861760 999999.999999
P 31 -23056.623552  -6971.040491 -11762.887578 999999.999999
*  2000  7 13  0 15  0.00000000
P  1 -26393.092648    -95.865922   3302.409629    136.108448
P  2  -8924.807722  24716.273310     82.113261   -241.150095
…
…
P 30  17501.271593 -11888.352917  15864.186780    -28.927465
P 31 -21649.123070  -7312.577967 -14027.215085      4.225546
…
```

Ausschnitt das der cod10704.pre

Weitere Informationen: BS-Handbuch, Kapitel 8 „Satellite Orbits“ ab Seite 115 und Kapitel 24.7 „General Files“ ab Seite 375 „Precise Ephemeries in IGS Format“

4.7.2.4. DIE KOORDINATENDATEI

Das Koordinatenfile sollte man auf jeden Fall ansehen. Wie bereits erwähnt haben nur Punkte mit den Flag „I“ gültige ITRF-Koordinaten. Der besseren Übersicht wegen, ist es ratsam alle nicht in der Kampagne benötigten Koordinaten zu löschen. Des Weiteren benötigt die BS Näherungskoordinaten der Neupunkte, diese können den Beobachtungsfiles entnommen werden.

```
IGS97 COORDINATES BASED ON IGS00P04.SNX                          31-JAN-01 11:32
-------------------------------------------------------------------------------
LOCAL GEODETIC DATUM: IGS97

NUM  STATION NAME          X (M)          Y (M)          Z (M)     FLAG

121  GRAZ 11001M002B    4194423.9080   1162702.6188   4647245.3378    I
140  ZECK 12351M001     3451174.8147   3060335.3790   4391955.5787    I
142  NOTO 12717M003     4934528.6031   1321262.2883   3806479.5408    I
144  MATE 12734M008C    4641949.6546   1393045.3468   4133287.3729    I
202  ANKR 20805M002     4121948.5645   2652187.9494   4069023.6799    I
215  RAMO 20703S001     4514721.9580   3133507.7905   3228024.6047    I
500  TROA 100027        4391061.6126   2164760.3568   4074556.1228
501  TROI 100005        4391412.9118   2164449.7636   4074351.7516
```

Koordinatenfile der Kampagne Troia: IGS_0700.crd

4.7.2.5. STATIONSNAMEN TABELLE

In der Datei ITRFSTN.STN werden der Stationsnummer der Stationsname in unterschiedlichen Schreibweisen zugeodnet. Unten dargestellt ist die für das Projekt Troia editierte Datei.

```
CODE: SITE NAME TRANSLATION TABLE                                31-JAN-01 11:33
-------------------------------------------------------------------------------

NUM  OLD STATION NAME  NEW STATION NAME

121  *GRAZ*            GRAZ 11001M002B
140  ZECK*             ZECK 12351M001
142  NOTO*             NOTO 12717M003
142  12717M003         NOTO 12717M003
144  *MATE*            MATE 12734M008C
202  *ANKR*            ANKR 20805M002
202  *ANKARA*          ANKR 20805M002
215  RAMO*             RAMO 20703S001
500  TROA              TROA 100027
501  TROI              TROI 100005
```

Datei TOIASTN.STN

<u>Bemerkung:</u>

Punktbezeichnungen mit mehr als elf Zeichen (z.B. GRRAZ und MATE) habe sich bei der anschließenden Qualitätzkontrolle als Problematisch erwiesen. Es ist daher Sinnvoll die Punktbezeichnungen vor der BS-Berechnung entsprechend zu editieren. Geändert werden müssen:

- *Koordinatendatei*
- *Stationsnamen Tabelle*
- *Beobachtungs Files*

4.7.2.6. EARTH RATATION PARAMETER

Polfiles werden für die Transformation zwischen dem himmelsfesten System (ICRF) und dem erdfesten System (ITRF) benötigt.

Zur Verfügung gestellt werden sie vom IERS. Es werden die IERS-Bulletins A und B unterschieden. Die Bulletins A stehen sehr schnell zur Verfügung enthalten aber noch viel angenommene Parameter. Die Bulletins B enthalten die endgültigen Polinformationen stehen aber erst nach etwa zwei Monaten zur Verfügung. Sie werden als Co4_yyyy.erp den Nutzern zugänglich gemacht.

Vom CODE werden wöchentliche Polfiles bereitgestellt, sie stellen die genaueste Lösung dar.

```
IGSFIN7D: F7 7-DAY SOLUTION DAY: 00197
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
CELESTIAL POLE OFFSET: OBSERVED                 SUBDAILY POLE MODEL: RAY
    DATE   TIME   X-POLE   Y-POLE   UT1-UTC GPS-UTC    RMS XP  RMS YP   RMS DT   DE-CPO   DP-CPO   RMS EP  RMS PS
YYYY MM DD HH MM    (")      (")      (S)     (S) REM     (")     (")     (S)      (")      (")      (")      (")

2000  7  8  0  0  0.10714  0.27347  0.201891  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000000  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7  8 12  0  0.10682  0.27324  0.201560  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7  9  0  0  0.10650  0.27301  0.201250  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7  9 12  0  0.10606  0.27259  0.200947  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 10  0  0  0.10562  0.27217  0.200676  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 10 12  0  0.10508  0.27184  0.200430  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 11  0  0  0.10455  0.27151  0.200221  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 11 12  0  0.10415  0.27110  0.200035  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 12  0  0  0.10375  0.27069  0.199885  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 12 12  0  0.10344  0.27008  0.199759  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 13  0  0  0.10313  0.26947  0.199664  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 13 12  0  0.10273  0.26886  0.199606  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 14  0  0  0.10233  0.26825  0.199572  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 14 12  0  0.10197  0.26772  0.199575  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 15  0  0  0.10160  0.26719  0.199590  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 15 12  0  0.10093  0.26658  0.199662  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 16  0  0  0.10027  0.26596  0.199735  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 16 12  0  0.09984  0.26543  0.199829  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
2000  7 17  0  0  0.09942  0.26490  0.199912  13. GPS  0.00001 0.00001 0.000001  0.00000  0.00000 0.00000 0.00000
```

Polfile Cod10707.erp

Weitere Informationen: BS-Handbuch Kapitel 24.4 „General Files“; ab Seite 357 “Pole Koordinates"

4.7.2.7. PHAS_IGS

Im Phas_IGS.01 werden die Phasenzentrumsexzentrizitäten verschiedener Antennen/Receiver Kombinationen dargestellt. Die Datei gliedert sich in zwei Abschnitte.

Im oberen Abschnitt des Phas_IGS werden Phasenzentrumsexzentrizitäten in Nord-Ostrichtung und die Höhe dargestellt. Diese Informationen sind für alle Empfänger gegeben. Rechts davon werden die elevationsabhängigen Abweichungen aufgeführt, soweit diese vorhanden sind.

Im unteren Abschnitt sind für einige Antennen die Kugelfunktionskoeffizienten („Sperical Harmonics“) einer entsprechenden Entwicklung der Azimut/Zenitabhängigkeit angegeben.

Aufschluss darüber, welche Informationen jeweils vorhanden sind, gibt der Format Indicator:
FMT = 0 : Nur elevationsunabhängige Exzentrizitäten werden genutzt
FMT = 1 : Elevationsabhängige Exzentrizitäten werden rechts angegeben und genutzt
FMT = 2 : Azimut/Zenit abhängige Daten stehen zur Verfügung und werden genutzt

```
RECEIVER ANTENNA PHASE CENTER OFFSETS AND VARIATIONS                  29-AUG-00
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

RECEIVER TYPE          ANTENNA S/N  FREQ  PHASE CENTER OFFSETS (M)   ELEVATION DEPENDENCE OF PHASE CENTER (MM)
ANTENNA  TYPE          FROM    TO    L*    NORTH    EAST     UP    FMT   90 85 80 75 70 65 60 55 50 45 40 …
********************  ****** ******   *   **.**** **.**** **.****   *    ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** …

LEICA SR399                0 999999   1    0.0031 -0.0002  0.1131   2
LEISR399_INT                          2    0.0013 -0.0035  0.1172

LEICA SR9500               0 999999   1    0.0005  0.0001  0.0685   2 (Original SR399E)
LEIAT302-GP                           2    0.0003 -0.0019  0.0521     (Original EXTERNAL WITHOUT GP)

ROGUE SNR-8000             0 999999   1    0.0000  0.0000  0.1100   0
AOAD/M_T                              2    0.0000  0.0000  0.1280

AOA SNR-8000 ACT           0 999999   1    0.0000  0.0000  0.1100   0
AOAD/M_T                              2    0.0000  0.0000  0.1280

TRIMBLE 4000SSI            0 999999   1    0.0000  0.0000  0.1100   0
TRM29659.00                           2    0.0000  0.0000  0.1280

ASHTECH Z-XII3             0 999999   1    0.0000  0.0000  0.1100   0
ASH700936D_M                          2    0.0000  0.0000  0.1280


RECEIVER TYPE        ANTENNA TYPE         FROM   TO      TYP   D(Z) D(A)
******************** ******************** ****** ******  ***    ***  ***
LEICA SR399          LEISR399_INT               0 999999    1      5  360

    A\Z     0      5     10     15     20     25     30     35     40     45     50     55     60   …
L1   0   0.00   0.50   1.00   2.00   3.30   4.50   5.70   7.10   8.50   9.00   8.30   7.00   5.80   …
L2   0   0.00   0.20   0.40   0.80   1.50   2.60   3.60   4.20   4.50   5.00   5.30   5.00   3.80   …

RECEIVER TYPE        ANTENNA TYPE         FROM   TO      TYP   D(Z) D(A)
******************** ******************** ****** ******  ***    ***  ***
LEICA SR9500         LEIAT302-GP                0 999999    1      5  360 (Original SR399E - EXTERNAL WITHOUT)

    A\Z     0      5     10     15     20     25     30     35     40     45     50     55     60   …
L1   0   0.00   1.20   2.60   4.30   5.80   6.50   7.10   8.30  10.30  11.80  11.10   8.60   6.20   …
L2   0   0.00  -0.20  -0.70  -0.90  -0.90  -1.10  -1.40  -1.20  -0.40   0.60   1.00   0.90   0.90   …
```

Ausschnitt aus dem Phas_IGS.01 für die Kampagne Troia

Wichtig ist, dass alle in der Kampagne verwendeten Geräte in der Datei enthalten sind und genau mit den Bezeichnungen in den Beobachtungsfiles übereinstimmen. Stimmt auch nur ein Zeichen nicht überein, erkennt die BS die Geräte nicht als identisch und meldet einen Fehler. Nicht in der Kampagne verwendete Empfänger sollten gelöscht werden.

Problematisch wird es, wenn Antennen/Receiver-Kombinationen nicht im Phas_IGS enthalten sind. Im konkreten Fall war die in den Projekten Troia und Udabno verwendete Leica AT-302 Antenne in Kombination mit bem SR9500 Sensor nicht im Phas_IGS enthalten. Zur Lösung des Problems wurden verschiedene Möglichkeiten in Erwägung gezogen:

- Verwendung des Phasenzentrumsfiles aus SKI-Pro.
- Verwendung des Phasenzentrumsfiles der **N**ational **O**ceanic and **A**tmospheric **A**dministration (**NOAA**) - zu beziehen über http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/ .
- Verwendung der Leica SR399_E Antennen/Receiver-Kombination mit bzw. ohne ellevationsabhängige Komponennte.

Die Idee, für die AT-302/SR9500 Phasenzentrumsfiles aus SKI-Pro bzw. vom NOAA zu verwenden erwies sich sehr bald als Irrweg. Die Kallibrierung von GPS-Antennen erfolgt zwar immer im Bezug auf Referenzantennen der Bauart *Dorne/Margolin Typ T*, trotzdem liefern die Testkampagnen immer leicht unterschiedliche Ergebnisse. Diese können Abweichungen in der Höhe von mehreren Zentimetern zur Folge haben. Prinzipell ist die Verwendung von anderen Phasenzentrumsfiles zwar möglich, wichtig ist jedoch, dass alle Daten aus ein und der selben Quelle stammen. Die Kombination von Antennenoffsets aus unterschiedlichen Quellen wird i.d.R. unbrauchbare Ergebnisse liefern. Die vom IGS abgesegneten Antennenoffsets des Phas_IGS sind Mittelwerte mehrerer Testreihen. Zur Arbeit mit der Berner Software ist das Phas_IGS von daher Phasenzentrumsfiles aus anderen Quellen immer vorzuziehen.

Laut Aussage von Leica sind der SR399E und die Kombination AT-302/SR9500 *im Prinzip* gleich. Der Hauptunterschied liegt darin, dass der SR399 ein 9-Kanal-Sensor und der SR9500 ein 12-Kanal Sensor ist.

Um zu überprüfen, ob für die Kombination AT-302/SR9500 die im Phas_IGS für den SR399E angegebenen Werte verwendet werden können, wurden die Daten des Troia Projekts mit verschiedenen Einstellungen mit der BS42 ausgewertet:

1. Für beide Leica-Antennen wurden nur die Antennenoffsets für L1 und L2 verwendet; Auswertung mit elevationsabhängig gewichteten Beobachtungen.
2. Für beide Leica-Antennen wurden nur der Antennenoffsets für L1 und L2 verwendet; Auswertung mit nicht gewichteten der Beobachtungen.
3. Für beide Leica-Antennen wurden die Antennenoffsets *und* elevationsabhängige Parameter verwendet; Auswertung mit elevationsabhängig gewichteten Beobachtungen.
4. Für beide Leica-Antennen wurden die Antennenoffsets *und* elevationsabhängige Parameter verwendet; Auswertung mit nicht gewichteten der Beobachtungen

Außerdem erfolgte die Auswertung der Baseline TROI - TROA mit SKI-Pro (der GPS-Software von Leica). Bei der BS42-Auswertung sind die ADDNEQ Ergebnisse der sessionweise Auswertung angegeben. (Die baselineweise Auswertung ergab keine signifikant anderen Werte.)

In der unten abgebildeten Tabelle sind alle Ergebnisse dargestellt.

Auswertung Nr.	TROI	TROA	ΔH	ΔH SKI-Pro	ΔH Troia-Höhen
1	75,040	70,072	4,968	4,961	4,978
2	75,041	70,064	4,977		
3	74,966	70,020	4,946		
4	74,996	70,024	4,972		

Höhen der ITRF-Punkte in Troia aus verschiediene Berechnungen

Bem.: Die Antenne AT-302 wurde auf Punkt TROI verwendet.

Bei der Bewertung der Ergebnisse spielt in erster Linie der relative Höhenunterschied eine Rolle, da die ellipsoidischen Höhen später durch Anbringen der Geoidundulation und eines Shifts an die Höhen im Grabungssystem angepasst werden.

Diskussion der Ergebnisse:

- Zwischen den BS-Auswertungen mit und ohne elevationsabhängige Terme im Phas_IGS ist ein absoluter Höhenunterschied von ca. 5 cm zu erkennen. Dies belegt, dass die elevationsabhängigen Terme im Phas_IGS signifikanten Einfluß auf das Ergebnis, insbesondere die Höhenkomponente haben.
- Der relative Höhenunterschied der BS-Auswertungen 1,2 und 4 stimmen im Rahmen der Auswertegenauigkeit miteinander und mit dem Ergebnis der SKI-Pro-Auswertung überein. Die Differenz der Geoidundulationen TROI – TROA beträgt 1 cm, dem zu Folge stimmen die Werte auch mit dem Höhenunterschied der Punkte im Troia-System überein.
- Der relative Höhenunterschied der BS-Auswertung 3 unterscheidet sich um ca. 3 cm von den übrigen Ergebnissen. Die Differenz ist auf dem Punkt TROI aufgetreten, auf dem die Antenne AT-302 verwendet wurde. Bei der BS-Auswertung 3 wurden die Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet.

Erklärungsversuch:

```
RECEIVER TYPE         ANTENNA TYPE          FROM   TO      TYP   D(Z) D(A)
******************** ******************** ****** ******  ***    ***  ***
SR399E                EXTERNAL WITHOUT          0 999999    1      5  360

   A\Z    20     25     30     35     40     45     50     55     60     65     70     75     80     85     90
L1  0   5.80   6.50   7.10   8.30  10.30  11.80  11.10   8.60   6.20   5.60   5.60   2.90  -3.80  -3.80  -3.80
L2  0  -0.90  -1.10  -1.40  -1.20  -0.40   0.60   1.00   0.90   0.90   0.60  -1.20  -5.50 -12.00 -12.00 -12.00
```

Elevationsabhängige Therme der Antennen/Receiver-Kmbination SR399E/external without

Die oben abgebildeten elevationsabhängigen Terme des SR399E weisen insbesondere für steil stehende Satelliten große Korrekturen auf. Diese bekommen durch die elevationsabhängige Gewichtung besonders großen Einfluß auf das Ergebnis. Die große Höhenabweichung der BS-Auswertung 3 läßt es von daher wahrscheinlich erscheinen, dass die elevationsabhängigen Terme nicht exakt zutreffend sind.

Folgen für die Auswertung:

- Wurden Punkte simultan mit den Antennen SR399_Int und AT-302/SR9500 besetzt, bleiben die elevationsabhängigen Terme im Phas IGS unberücksichtigt. Dies bewirkt zwar einen absoluten Höhlenfehler, was aber aus zuvor genannten Gründen sekundär ist.
- Bei ITRF-Punkteinschaltungen, bei denen nur die Antenne SR399_Int Verwendung fand (Udabno) spricht nichts dagegen, die elevationsabhängigen Terme im Phas_IGS zu verwenden.

<u>Weitere Informationen:</u> BS-Handbuch Kapitel 17 „Antenna Phase Center Offsets and Variations“ und Kapitel 24.4 „General Files“; S. 356 “Antenna Phase Center Eccentricities"; http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/; ftp://ftp.unibe.ch/aiub/antennas .

4.7.2.8. SATELLITEN PROBLEM FILE

In den Sat_yyyy.crx Dateien sind tageweise die Satelliten aufgeführt, deren Daten Probleme bereiten können. Es ist die Art des Problems und ein Lösungsvorschlag angegeben. Unten abgebildet ist ein Ausschnitt aus dem Satellite Problem File für die 24-H-Messungen in Troia und Udabno.

Besondere Schwierigkeiten bereitete der Satellit 15 am 02.09.2000. Auf Grund der unbrauchbaren Code und Phasenmessungen wurden für ihn keine präzisen Orbits berechnet. Um Konflikte bei der Auswertung zu vermeiden, sind in allen Beobachtungsfiles die entsprechenden Beobachtungen gelöscht worden. Dies erfolgte durch Import der RINEX-Files in SKI-Pro. Alle Beobachtungen zum Satelliten 15 wurden dort, durch Setzen eines Fensters, ausgeschaltet und die Daten wieder als RINEX-Daten exportiert.

```
SATELLITE PROBLEMS: MANOEUVRES OR BAD OBSERVATION INTERVALS           01-JAN-99
-------------------------------------------------------------------------------

SATELLITE  PROBLEM    ACTION           FROM                  TO
  ***        *          *       YYYY MM DD HH MM SS  YYYY MM DD HH MM SS


   23         4         0       2000  7 13 00 00 00
   24         4         0       2000  7 23 00 00 00
   15         3         2       2000 09 02 00 00 00  2000 09 03 23 59 59
   23         4         0       2000  9  2 00 00 00
   15         4         0       2000  9  4 00 00 00
   23         4         0       2000  9  4 00 00 00


PROBLEM DESCRIPTION    PROBLEM          ACTION DESCRIPTION          ACTION
-------------------    -------          ------------------          ------

SATELLITE MANOEUVRE       0             SET UP SAT. WITH SVN=SVN+50    0
SATELLITE MODELLING       4             SPLIT UP ARCS IN ADDNEQ        0
BAD PHASE DATA            1             MARK PHASE OBSERVATION         1
BAD PHASE DATA            1             REMOVE PHASE OBSERVATION       2
BAD CODE DATA             2             MARK CODE OBSERVATIONS         1
BAD CODE DATA             2             REMOVE CODE OBSERVATIONS       2
BAD PHASE AND CODE DATA   3             MARK BOTH OBSERVATION TYPES    1
BAD PHASE AND CODE DATA   3             REMOVE BOTH OBSERVATION TYPES  2
```

Ausschnitt aus der SAT_2000.CRX

4.7.3. VORBEREITEN EINER KAMPAGNE

Bevor mit der Berechnung begonnen werden kann, muss noch eine Session definiert werden. Darüber hinaus ist es sinnvoll den Stationsnamen eindeutige Abkürzungen zuzuordnen.

4.7.3.1. DEFINITION EINER SESSION

Sessions werden unter dem Menüpunkt 1.3 „DEFINE SESSIONS“ definiert. Dazu ist es notwendig unter dem Menüpunkt 1.3-1 „CAMPAIGNS: SESSION DEFINITION” die Kampagne auszuwählen.

Im nächsten Schritt wird die Session mit Session-Nummer, Start- und Endzeitpunkt definiert. Das Pannel zeigt die typische Definition einer 24-Stunden Session. Es ist möglich die Session-Nummer in den dargestellten Form zu belassen, die BS wird dann automatisch den GPS-Tag einsetzen. Ebenso kann man auf die manuelle Eingabe des Datums verzichten.

```
1.3-2    CAMPAIGNS: SESSION DEFINITION

SESSION NUMBER          START DATE                  END DATE

   nnnn           yy mm dd     hh mm ss       yy mm dd     hh mm ss

 > ???0 <       >          < > 00 00 00 <   >          < > 23 59 59 <
```

Menü 1.3-2, CAMPAIGNS: SESSION DEFINITION

4.7.3.2. DEFINIEREN DER STATIONSKÜRZEL

Die Stationen und Baselines werden in der BS mit einem 4-stelligen Kürzel bezeichnet, wobei sich die Baselinebezeichnung aus dem zweistelligen Kürzel der Anfangs- und Endstation zusammensetzt. Die Kürzel werden standardmäßig aus den Punktbezeichnungen in den Koordinatenfiles abgeleitet. Dabei kann es allerdings vorkommen, dass Abkürzungen nicht eindeutig sind bzw. sich die Station anhand des Kürzels nicht erkennen lässt.

Unter dem Menüpunkt 1.4.3 „CERATE/UPDATE STATION ABBREVATION TABELE” werden die Kampagne und das Koordinatenfile ausgewählt.

Im nächsten Schritt kann die von der BS erzeugte Zuordnungstabelle bearbeitet werden.

```
1.4-3    STATION ABBREVIATION TABLE

    Station Name                4-Char Abbreviation     2-Char Abbreviation

  > GRAZ 11001M002B  <              > GRAZ <                  > GR <
  > ZECK 12351M001   <              > ZECK <                  > ZE <
  > NOTO 12717M003   <              > NOTO <                  > NO <
  > MATE 12734M008C  <              > MATE <                  > MA <
  > ANKR 20805M002   <              > ANKR <                  > AN <
  > RAMO 20703S001   <              > RAMO <                  > RA <
  > TROA 100027      <              > TROA <                  > TA <
  > TROI 100005      <              > TROI <                  > TI <
```

Menü 1.4-3, STATION ABBREVATION TABELE FÜR TROIA

4.8. BERECHNUNG

4.8.1. DATENTRANSFER

Das RINEX-Format ist zum Austausch von Daten gut geeignet. Die Verarbeitung von ASCII-Dateien bedingt aber einen hohen Rechenaufwand. Aus diesem Grund werden die Beobachtungsdateien mit dem Programm **ROXBV3** ins binäre Berner-Format umgewandelt. Dies geschieht unter dem Menüpunkt **2.7.1** „TRANSFER: RINEX OBS. TO BERNESE".

Durch offen lassen des Feldes *RINEX* können die Beobachtungsfiles später in einem Auswahlfenster gewählt werden. Im Feld *RINEX EXTENSION* hätten alternativ „00" für das Jahr 2000 eingegeben werden können.

```
2.7.1 | TRANSFER: RINEX OBS. to BERNESE  (Main Data Panel)

  CAMPAIGN         > TROIA    <  (blank for selection list)

Input Files:
  RINEX            >          <  (blank for selection list)
  RINEX EXTENSION  > ??O <       (Wildcards allowed)
  COORDINATES      > NO       <  (NO, if no update; blank for sel.list)

Translation Tables:
  STATION NAMES    > TROIASTN <  (NO, if not used; blank for sel.list)
  RCVR / ANTENNA   > NO       <  (NO, if not used; blank for sel.list)
  ANTENNA HEIGHTS  > NO       <  (NO, if not used; blank for sel.list)
  STA.NAMES: STOP  > YES <       (NO or YES, yes=stop if station not found)
  ANT.HGT. : STOP  > YES <       (NO or YES, yes=stop if ant.hgt not found)

Output Files:
  CODE/PHASE/RANGE >          <  (blank: def.name; NO: do not create)
  RANGES (SLR)     > NO  <       (NO or YES)
```

Menü 2.7.1, TRANSFER: RINEX OBS. TO BERNESE

Die unten dargestellten Einstellungen entsprechen den Empfehlungen des BS-Handbuches für ITRF-Punkteinschaltungen.

```
2.7.1-1 | RINEX OBS.: INPUT

Title Line:
  TITLE          > RINEX - BS                          <

Signal Strength Requirements:
  MINIMUM SIGNAL STRENGTH              > 1   <    (0-9)
  ACCEPT  SIGNAL STRENGTH = 0          > YES <    (YES or NO)
  ACCEPT  CYCLE SLIP FLAGS FROM RINEX  > NO  <    (YES or NO)

Sampling:
  SAMPLING INTERVAL                    > 30  <    (sec; blank: take all obs)
  SAMPLING OFFSET TO FULL MINUTE       > 0   <    (sec)
  LIMIT DATA TO SESSION DEFINITION     > YES <    (YES or NO)

Session Numbering:
  LENGTH OF SESSION NUMBERS             > 4 <     (3 or 4 characters)
```

Menü 2.7.1-1, RINEX OBS.: INPUT

Der Befehl „STRG-D" aktiviert den COMMAND LEVEL, dort können durch Eingabe von S ALL alle Beobachtungsfiles ausgewählt werden. Alternativ ist es möglich einzelne Beobachtungsfiles durch Markieren mit S auszuwählen.

Für jede RINEX-Datei werden 4 neue Dateien erstellt.

*.pzh	phase zero-difference header (beinhaltet Informationen zu der Station, dem Receiver, der Antenne, den Ambiguities, usw.)
*.pzo	phase zero-difference observation file (enthält Phasenmessungen)
*.czh	code zero-difference header (beindaltet ähnliche Informationen wie *.pzh)
*.czo	code zero difference-observation file (enthält Codemessungen)

Die Berechnungsabläufe werden in der Ausgabedatei RXOBV3.L* (* = Nummerierung von 01 – 99) dokumentiert. Diese ist zweigeteilt, im oberen Abschnitt stehen allgemeine Informationen zur Beobachtung, im unteren Abschnitt werden die neu erzeugten Dateien mit ihrer Größe dargestellt. Die Filegrößen sollten in etwa den unten dargestellten entsprechen.

```
 ******************************************************************************
 TRANSFORMATION OF RINEX OBSERV. FILES INTO BERNESE OBSERV. FILES
 ******************************************************************************
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------
 SUMMARY OF RINEX DATA TRANSFERRED TO BERNESE FILES
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------

 FILE  RINEX FILE NAME        STATION NAME     RECEIVER TYPE    ANT.HGT F  SA EPOCH  START TIME      END TIME
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------

 1 P:\TROIA\RAW\ANKR1950.00O  ANKR 20805M002  AOA SNR-8000 ACT  0.0600 2  27  2880 00-07-13 0:00:00 00-07-13 …
…
…
 ---------------------------------------------------------------------------
 TABLE OF INPUT AND OUTPUT FILE NAMES
 ---------------------------------------------------------------------------

 FILE  RINEX FILE NAME                  BERNESE CODE  HEADER  FILE NAME   #EPO
                                        BERNESE CODE  OBSERV. FILE NAME
                                        BERNESE PHASE HEADER  FILE NAME   #EPO
                                        BERNESE PHASE OBSERV. FILE NAME
 ----  ------------------------------  ------------------------------  ----

    1  P:\TROIA\RAW\ANKR1950.00O        P:\TROIA\OBS\ANKR1950.CZH         2880
                                        P:\TROIA\OBS\ANKR1950.CZO
                                        P:\TROIA\OBS\ANKR1950.PZH         2880
                                        P:\TROIA\OBS\ANKR1950.PZO
…
…
```

Auszug aus der Ausgebedatei von RXOBV3

Funktioniert der gesamte Transfer nicht, sollte die FORMAT.DAT überprüft werden (siehe Kapitel 4.2.6 „Einstellungen in der Format.dat“), werden einzelne Dateien nicht umgewandelt, ist die Ursache in den Headern dieser Dateien zu suchen (siehe Kapitel 4.7.2. „Eingabedateien“).

Weiter Informationen: BS-Handbuch Kapittel 7.2 „Transfer Rinex ↔ Bernese“ ab Seite 106

4.8.2. BERECHNUNG DER SATELLITENBAHNEN

Das Menü 3 „ORBITS“ dient der Verarbeitung der Satellitenbahnen.

```
 3        ORBITS: OPTION MENU
S:Y C:0

  1 ..   BROADCAST CHECK : Check Broadcast Ephemerides
  2      CREATE TABULAR  : Generate Tabular Orbits from Broadcast/Precise
  3      CREATE STANDARD : Generate/Update Standard Orbits
  6      DIFF.  STANDARD : Display Differences between Standard Orbits
  7      CREATE PRECISE  : Generate Precise Ephem. from Standard Orbits
  8      SATELLITE CLOCKS: Generate Satellite Clock File
  9 ..   NEW ORBIT PROGR.: DEFO93, UPDO93, ORBIMP

         Enter Selection :
```

Menü 3, ORBITS: OPTION MENÜ

Es können sowohl broadcast (*.nav) als auch precised Ephemeries (*.pre) verarbeitet werden. Bei ITRF-Punkteinschaltungen ist es, auf Grund der Baselinelänge, ratsam präzise Orbits zu verwenden (siehe Kapitel 3.4 „Satellitenbahnen“).

4.8.2.1. ERZEUGEN DER TABULAR ORBITS

Unter dem Menüpunkt 3.2 „ORBITS, CREATE TAB. ORBITS“ werden mit dem Programmen **PETAB** (für präzise Orbits) bzw. **BRTAB** (für broadcast Orbits) die sogenannten TABULAR ORBITS erzeugt. Hierbei werden die Satellitenbahnen vom ICRF ins ITRF zur konventionellen Epoche t_0 = J2000 transformiert. Das Polfile spielt dabei eine entscheidende Rolle. Außerdem wird eine Satelliten-Uhr-Datei erzeugt, die Satellitenuhrparameter der präzisen Orbits im Berner-Format enthält. (Werden broadcast Orbits - RINEX-Navigation File - verwendet, müssen die Satellitenuhrparameter mit dem Programm 3.8 „ SATCLK“ erzeugt werden).

Im Beispiel wird das präzisen Orbit *COD10704.PRE* in das Tabular Orbit *COD10704.TAB* transformiert und die Uhrparameter in der Datei *SATCL704.CLK* gespeichert. Alle Daten werden im Ordner ORB abgelegt.

```
 3.2        ORBITS: CREATE TAB.ORBITS

   CAMPAIGN          > TROIA    <     (blank for selection list)

 Input File
   EPHEMERIS TYPE    > PRECISE   <    (BROADCAST or PRECISE orbits)
   BROAD./PRECISE    > COD10704 <     (blank for selection list)

 Output Files
   TAB. ORBIT        >          <     (blank for same names as input orbit
                                       files)
   SATELLITE CLOCKS  > SATCL704 <     (NO for none, with precise orbits only)

 Input Options
   REFERENCE SYSTEM  > J2000 <        (B1950 or J2000)
```

Menü 3.2: ORBITS, CREATE TAB. ORBITS

Die Satelliten-Uhr-Parameter werden in zwei Intervallen erzeugt.

```
3.2-1 |              PRETAB: CREATE SATELLITE CLOCK FILE

TITLE  > SATELLITE CLOCK VALUES FROM PRECISE ORBIT FILE                <

                                 hh mm ss
INTERVAL FOR POLYNOMIALS      > 12 00 00 <

POLYNOMIAL DEGREE               > 02 <
```

Menü 3.2-1, PRETAB: CREATE SATELLITE CLOCK FILE

Die Ergebnisse werden in der Ausgabedatei Pretab.L* dokumentiert. Im Kopf der Datei sind alle Ein- und Ausgabedateien aufgeführt. Als zweites wird die Erzeugung des Tabular Orbits dokumentiert. Im unteren Abschnitt ist für jeden Satelliten pro Intervall der Uhrparameter aufgeführt.

```
 ************************************************************************
 CREATING TABULAR ORBIT FILES FROM PRECISE EPHEMERIDES:    SYSTEM J2000.0
 ************************************************************************

 ---------------------------------------------------------------------------
 LIST OF INPUT AND OUTPUT FILENAMES
 ---------------------------------------------------------------------------

 GENERAL CONSTANTS           :  X:\GEN\CONST.
 POLE INFORMATION            :  X:\GEN\COD10777.ERP
 SATELLITE PROBLEMS          :  X:\GEN\SAT_2000.CRX
 PRECISE ORBIT FILE NAMES    :  U:\INP\PRETABF.INP
 SATELLITE CLOCKS            :  P:\UDABNO\ORB\SATCL776.CLK
 INPUT OPTION FILE           :  U:\INP\PRETABI.INP

 ---------------------------------------------------------------------------


 FILE  PRECISE ORBIT FILENAME            TABULAR ORBIT FILENAME
 ----  --------------------------------  --------------------------------

    1  P:\UDABNO\ORB\COD10776.PRE        P:\UDABNO\ORB\COD10776.TAB

 PRN=  1  CLK RMS:     1.145 NS
          CLK RMS:     0.000 NS/DAY**1
          CLK RMS:     0.000 NS/DAY**2
 PRN=  2  CLK RMS:     0.624 NS
          CLK RMS:     0.000 NS/DAY**1
          CLK RMS:     0.000 NS/DAY**2
…
…
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von PRETAB

4.8.2.2. ERZEUGEN DER STANDARD ORBITS

Unter dem Menüpunkt 3.3 „ORBITS: GENERATE STD. ORBITS“ wird auf Basis des Tabular Orbits, durch eine Kleinste-Quadrate-Ausgleichung das Standard Orbit erzeugt. Dabei berechnet das Programm **ORBGEN** einen Standard Bogen, der durch Anfangs- und Endzeit festgelegt wird.

Aus dem Tabular Orbit *COB10704.TAB* wird das Standard Orbit *STDOB704.STD* berechnet.

```
 3.3 |                ORBITS: GENERATE STD.ORBITS

   CAMPAIGN            > TROIA    <  (blank for selection list)

 Input File
   TABULAR ORBITS      > COD10704 <  (NO for orbit update, blank for sel.l.)
   IMPROVED ORBIT ELE. > NO       <  (NO for orbit fit, blank for sel. list)
   IMPROVED ORBIT ELE2 > NO       <  (NO for orbit fit, blank for sel. list)

 Output File
   STANDARD ORBITS     > STDOB704 <  (NO, if not to be saved)
   RAD.PRESS. MODEL    > NO       <  (NO, if not to be saved)
   RESIDUALS           > NO       <  (NO, if not to be saved)
   SUMMARY FILE        > NO       <  (NO, if not to be saved)

 Orbit Model:
   PLANETARY EPHEMERIS > NO       <  (NO, DE200)
   OCEAN TIDES FILE    > NO       <  (NO, OT_CSRC, OT_TOPEX, OT2TOPEX)
```

Menü 3. 3, ORBITS, GENERATE STD. ORBITS

Es wird ein Bogen in GPS-Zeit erzeugt. Die Datei *JGM3* modelliert das Erdschwerefeld.

```
3.3-1 |                GENERATE STD.ORBITS: INPUT

 General Options:
   # OF ARCS            > 1   <
   PRINT RESIDUALS       > NO  <     (NO, ALL Iterations, Iteration #)
   ORBIT PREDICTION      > NO  <     (NO, # Days)

 Numerical Integration:
   # OF ITERATIONS       > 2   <
   POLYNOMIAL DEGREE     > 10  <
   LENGTH OF INTERVAL    > 1.0 <     (hours)

 Representation of Variational Equations:
   POLYNOMIAL DEGREE     > 12  <
   LENGTH OF INTERVAL    > 6.0 <     (hours)

 Earth Potential and Time Frame:
   MAX.DEGREE OF EARTH POTENTIAL    > 8   <
   TIME FRAME OF TABULAR ORBITS     > GPS <    (GPS or UTC)
   APPLY ANTENNA OFFSET TO TAB POS  > NO  <    (YES or NO)
   ORBIT MODEL FLAG                 > A <      (0, A, B, C, or ?)
```

Menü 3.3-1, GENERATE STD. ORBITS: INPUT

```
3.3-2 |                GENERATE STD.ORBITS: INPUT

 Orbit Model Options:
   PARTIAL DERIV.        > ALLPAR <  (NONPER, DYNALL, ALLPAR)

 Parameter selection:
   D0 estimation (P0)    > YES <     (YES, NO)
   Y0 estimation (P2)    > YES <     (YES, NO)
   X0 estimation         > YES <     (YES, NO)

 Periodic Parameter selection:
   Periodic D terms      > YES <     (YES, NO)
   Periodic Y terms      > YES <     (YES, NO)
   Periodic X terms      > YES <     (YES, NO)
```

Menü 3.3-1, GENERATE STD. ORBITS: INPUT

Der Bogen ist durch Anfangs- und Endzeit definiert, er ist 24 Stunden lang.

```
STD.ORBIT: ARC DEFINITION

                Start            Start Time                End Time
   Arc        Tab.File      yyyy mm dd hh mm ss      yyyy mm dd hh mm ss

   01          > 01 <     > 2000 07 13 00 00 00 <  > 2000 07 13 23 59 59 <
```

Definition des Standard Bogens

Neben dem Standard Orbit wird die Ausgabedatei ORBGEN.L* erzeugt.

```
-------------------------------------------------------------------------------
 RMS ERRORS AND MAX. RESIDUALS   ARC NUMBER:  1                    ITERATION:  2
-------------------------------------------------------------------------------

                          QUADRATIC MEAN OF O-C (M)         MAX. RESIDUALS (M)
 SAT   #POS   RMS (M)     TOTAL   RADIAL  ALONG   OUT       RADIAL  ALONG   OUT
 ---   ----   -------     ------------------------------     --------------------

   1     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.00
   2     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.00
   3     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
   4     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
   5     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
   6     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
   7     96     0.00       0.00     0.00   0.01   0.00        0.01   0.01   0.01
   8     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.00   0.00
   9     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.00   0.01
  10     96     0.00       0.00     0.01   0.01   0.00        0.01   0.01   0.01
  11     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
  13     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
  15     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
  16     96     0.00       0.00     0.00   0.01   0.00        0.01   0.01   0.01
  17     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.02   0.01   0.01
  19     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
  20     96     0.00       0.00     0.00   0.01   0.00        0.01   0.01   0.01
  21     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.00
  22     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.00
  23     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.00
  24     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.00
  25     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.00   0.00   0.00
  26     96     0.00       0.00     0.00   0.01   0.00        0.01   0.02   0.01
  27     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.00   0.00   0.00
  29     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
  30     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
  31     96     0.00       0.00     0.00   0.00   0.00        0.01   0.01   0.01
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von ORBGEN

Von besonderem Interesse ist die Standardabweichung der Satellitenbahnen (RMS), sie ist Abhängig von der Qualität der verwendeten Orbits und Polefiles. Bei der Verwendung präziser Orbits ist ein RMS von unter 10 cm zu erwarten, bei broadcast Orbits kann der RMS Meterbeträge erreichen. Die Genauigkeit des verwendeten CODE-Wochenfiles ist besser, als ein Zentimeter.

Bei den Orbitprogrammen traten hin und wieder Fehler auf, die als Probleme beim Einlesen einzelner Orbits erkannt wurden. Die Schwierigkeiten traten vor allem bei der Verwendung von Co4-Orbits auf und konnten in manchen Fällen durch Löschen unrelevanter Daten beseitigt werden. Das Einlesen der Wochenfiles vom CODE hat durchweg problemlos funktioniert.

Weitere Informationen: BS-Handbuch Kapitel 8.3 „ The Orbit Programms of the Berner GPS Software Version 4.2“ ab Seite 129 und Kapitel 16 „ Satellite and Receiver Clocks“ ab Seite 228.

4.8.3. VORBEREITENDE BERECHNUNGEN

Der Menüpunkt 4 „PROCESSING: OPTION MENÜ“ dient zur Durchführung der Berechnungen. In diesem Beispiel erfolgt die Berechnung der Koordinaten in fünf Schritten.

```
 4        PROCESSING: OPTION MENU
S:Y C:0

  1       CODE CHECK      : Check Code Files for OutlierS
  2       CODE PROCESSING : Single Point Positioning
  3       SINGLE DIFF.    : Form Single Difference Files
  4 ..    PHASE CHECK     : Check S.Diff. Files for Cycle Slips
  5       PAR. ESTIMATION : Estimation of Relevant Parameters
  7       ION. ESTIMATION : Estimation of Ionosphere Models
  8 ..    COMBINATION     : Combination of Solutions

          Enter Selection :
```

Menü 4, PROCESSING: OPTION MENÜ

4.8.3.1. RECEIVER-UHR-PARAMETER UND NÄHERUNGSKOORDINATEN

Als erstes wird das Programm 4.2 **CODSPP** durchlaufen. Dessen Hauptaufgabe ist die Berechnung der Receiver-Uhr-Korrekturen. Außerdem ist es möglich, für die Neupunkte gute Näherungskoordinaten durch Auswerten der Codemessungen zu berechnen.

```
 4.2        PROCESSING: CODE PROCESSING

   CAMPAIGN         > TROIA    <

 Job Identification:
   JOB CHARACTER        >   <        (blank or character from A - Z, 0 - 9)

 Input Files:
   CODE             > ????195? <     COORDINATES      > IGS_0700 <
   BROADCAST        > NO       <     STANDARD ORBIT   > STDOB704 <
   ECCENTRICITIES   > NO       <     SATELLITE CLOCKS > SATCL704 <
   TROPO. ESTIMATES > NO       <

 Output Files:
   COORDINATES      > SPCOO704 <     RESIDUALS        > NO       <
   PHASE            >          <     RESULT SUMMARY   > NO       <
   SATELLITE CLOCKS > NO       <
```

Menü4.2, PROCESSING: CODE PROCESSING

Im Beispiel sollen die Beobachtungen des 195ten GPS-Tages, sowie der IGS-Koordinatenfile, die Standard-Orbits und die Satelliten-Uhr-Prameter verwendet werden (Auswahl durch Leerzeichen). Es wird das Koordinatenfile SPCOO704 erzeugt.

Im nächsten Schritt findet die Auswahl der Beobachtungsfiles stat.

```
 File        CODE FILE SELECTION

s ANKR1950 13-JUL-00 00:00 2 ANKR 20805M002    AOA SNR-8000 ACT    0.060
s GRAZ1950 13-JUL-00 00:00 2 GRAZ 11001M002B   ROGUE SNR-8000      1.964
s MATE1950 13-JUL-00 00:01 2 MATE 12734M008C   TRIMBLE 4000SSI     0.101
s NOTO1950 13-JUL-00 00:00 2 NOTO 12717M003    TRIMBLE 4000SSI     0.000
s RAMO1950 13-JUL-00 00:01 2 RAMO 20703S001    ASHTECH Z-XII3      0.000
s TROA1950 13-JUL-00 00:00 2 TROA 100027       LEICA SR399         2.895
s TROI1950 13-JUL-00 00:00 2 TROI 100005       LEICA SR9500        1.536
s ZECK1950 13-JUL-00 00:00 2 ZECK 12351M001    ROGUE SNR-8000      0.045
```

Auswahl der Codemessungs-Dateien

Es wird eine ionosphärenfreie L_3-Lösung unter Verwendung des Troposphärenmodell von Saastamoinen berechnet. Die Koordinaten werden gespeichert.

```
4.2-1 |                    CODE PROCESSING: INPUT 1

  TITLE    > CODE PROCESSING, DAY 195                              <

  Parameters:
    FREQUENCY               > L3   <    (L1, L2 or L3)
    CLOCK POLY.DEGREE       > E    <    (max. 7, E for one offset per epoch)
    ESTIMATE COORDINATES    > YES  <    (YES or NO)

  Atmosphere Models:
    TROPOSPHERE             > SAAS <    (NO, SAAStamoinen, HOPField,
                                         MARIni-mur, or ESTImated)
    IONOSPHERE              > NO   <    (YES or NO)

  Observation Selection:
    MIN. ELEVATION          > 10   <    degrees
    SAMPLING RATE N         > 1    <    (only every n-th observation used)
    OBSERV. WINDOW          > NO   <    (YES, NO or ASIS)
```

Menü4.2-1, CODE PROCESSING: INPUT 1

Die Einstellungen entsprechen den Empfehlungen des BS-Handbuches für ausgeschaltetes SA.

```
4.2-2 |                    CODE PROCESSING: INPUT 2

  Print Options:
    RESIDUALS               > NO   <     (YES or NO)
    ELEVATIONS              > NO   <     (YES or NO)

  Iterations:
    MAX. NUMBER OF ITERAT.  > 10 <       (greater than 0)

  Outlier Detection:
    OUTLIER DETECTION       > YES  <     (YES or NO)
    MAX. RESIDUAL ALLOWED   > 30.0    <  meters
    CONFIDENCE INTERVALL    > 3.0     <  (in units of one sigma)
```

Menü4.2-1, CODE PROCESSING: INPUT 1

In CODSPP wird erstmals das PHAS_IGS verwendet. Sollte es zu Problemen kommen, sollten die Empfängerbezeichnungen im PHAS_IGS mit denen in den Beobachtungsfiles verglichen werden (siehe Kapitel 4.7.2. „Eingabedateien“). Auch die SATELLIT.TTT kommt erstmals zum Einsatz, dort sind die Informationen zu den GLONASS-Satelliten (ab Nummer 101) meist entbehrlich und können im Zweifelsfall gelöscht werden.

Neben den Koordinatenfile wird die Protokolldatei Codspp.L* erzeugt.

Die wichtigst Meldung im Protokoll ist „**CLOCK OFFSET STORED IN PHASE OSERVATION FILE**“. Die Reciever-Uhr-Korrekturen sind nun in den Beobachtungsfiles gespeichert und können bei der Auswertung der Phasenmessung als bekannt eingeführt werden.

Außerdem von Interesse ist die Standardabweichnung „RMS OF UNIT WEIGHT“. Bei eingeschaltetem S/A ist ein RMS von 20 – 30 Metern zu erwarten. Im Beispiel wurde bei ausgeschaltetem S/A eine Genauigkeit von 1 – 2,5 Metern erreicht.

```
 ******************************************************************************
 COMPUTATION OF SINGLE POINT POSITION          08-FEB-01 13:07
 ******************************************************************************
…
…
STATION:  ANKR 20805M002   FILE:  P:\TROIA\OBS\ANKR1950.CZO        RECEIVER UNIT:         0
 ---------------------------------------------------------------------------------------------

 DAY OF YEAR         :  195

                                    FROM                            TO
 OBSERVATIONS        :       2000-07-13  00:00: 0.00       2000-07-14  00:00: 0.00
 REQUESTED WINDOW    :                 --                              --

 MEASUREMENT INTERVAL:   30 SEC
 SAMPLING RATE       :    1
 PROCESSED FREQUENCY :   L3
 ELEVATION LIMIT     :   10 DEG

                              TROPOSPHERE                IONOSPHERE
 ATMOSPHERE MODELS   :        SAASTAMOINEN                  NONE
…
…
 RESULTS:
 --------

 OBSERVATIONS IN FILE   :     22145
 BAD OBSERVATIONS       :     3.49 %
 RMS OF UNIT WEIGHT     :     1.20 M
 NUMBER OF ITERATIONS   :     2

 STATION COORDINATES:
 --------------------

 LOCAL GEODETIC DATUM:  IGS97

                                   A PRIORI         NEW            NEW- A PRIORI   RMS ERROR
  ANKR 20805M002    X              4121948.56      4121949.09            0.53         0.03
  (MARKER)          Y              2652187.95      2652188.19            0.24         0.02
                    Z              4069023.68      4069024.14            0.46         0.03

                   HEIGHT             976.02          976.76            0.73         0.03
                   LATITUDE      39 53 14.533    39 53 14.533  -  0  0  0.001        0.0006
                   LONGITUDE     32 45 30.492    32 45 30.489  -  0  0  0.004        0.0006

 CLOCK PARAMETERS:
 -----------------

 OFFSET FOR REFERENCE EPOCH:                0.000000020  SEC

 CLOCK OFFSETS STORED IN PHASE OBSERVATION FILE
…
…
******************************************************************************
 SUMMARY OF BAD OBSERVATIONS
 ******************************************************************************
…
…
 NUMB FIL  STATION           TYP SAT        FROM                TO          #EPO
 ------------------------------------------------------------------------------

    1   5  RAMO 20703S001    OUT  26  00-07-13  0:13:30  00-07-13  0:14:00     2
…
…
   15   5  RAMO 20703S001    OUT   4  00-07-13 21:53:30  00-07-13 21:53:30     1
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von CODSPP

Weitere Informationen: BS-Handbuch Kapitel 10 „ Data Pre-Processing“ ab Seite 158.

4.8.3.2. BASELINEBILDUNG

Als zweites kommt das Programm 4.3 **SNGDIF** zum Einsatz. Damit werden die so genanten Empfänger-Einfach-Differenzen oder Baselines gebildet. Es gilt die Vorschrift, dass aus N Beobachtungen N-1 Baselines gebildet werden können. Die BS bietet die Möglichkeit die Baselines manuell zu definieren, oder sie nach gewissen Gesichtspunkten automatisiert zu bilden. Folgende Optionen stehen zur Auswahl:

MANUAL	die Baselines werden durch Auswahl der Anfangs- und Endstationen manuell gebildet.
SHORTEST	es werden automatisch die kürzesten Baselines gebildet.
AUTO-STAR	bildet die Baselines als Stern mit einer Station im Zentrum.
OBS-MAX	stellt in Rechnung, dass bei langen Baselines – anders als bei Kurzen – nicht die selben Satelliten empfangen werden. Die Stationen mit den meisten gemeinsamen Beobachtungen werden zur Baselinebildung benutzt.
PLUS	Ermöglicht unter Verletzung der N-1-Regel die Definition zusätzlicher Baselines zur Stabilisierung des Netzes.

Das BS-Handbuch schlägt OBS-MAX vor. Diese Option macht Sinn bei der Auswertung des IGS-Netzes in dem alle Stationen gleichberechtigt sind. Im Fall einer ITRF-Punkteinschaltung ist ein sternförmiges Netz mit dem Neupunkt im Mittelpunkt zu erstellen. Dies kann mit AUTO-STAR oder – wie im Beispiel – MANUELL erfolgen.

Im ersten Schritt wird die Art der Baselinebildung festgelegt. Außerdem kann ein Messtag selektiert werden, dies ist bei Kampagnen mit mehreren Messtagen sinnvoll.

```
4.3 |                PROCESSING: FORM SINGLE DIFF.

  CAMPAIGN                > TROIA    <  (blank for selection list)

  STRATEGY                > MANUAL    < (MANUAL(M),DEFINED(D),SHORTEST(S),
                                         AUTO-STAR(A),OBS-MAX(O),PLUS(P))
Input Files:
  MEASUREMENT TYPE        > PHASE    <  (Any    : CODE or PHASE)
  ZERO DIFF. FILE 1       > ????195? <  (Any    : blank for sel. list)
  ZERO DIFF. FILE 2       > ????195? <  (M      : blank for sel. list)
  COORDINATES             >          <  (S+A+P  : blank for sel. list)
  ECCENTRICITIES          > NO       <  (S+A+P  : NO, blank for sel. list)
  PRE-DEFINED BASELINES   > NO       <  (S+O+P+D: NO, blank for sel. list)
  CLUSTER DEFINITION      > NO       <  (NO, blank for selection list)
Output File:
  SINGLE DIFFERENCE       >          <  (Any: blank for default file name,
                                            HEADER: Header files only)
  BASELINE DEFINITIONS    > NO       <  (NO, if not to be saved)
  CLUSTER DEFINITION      >        <    (enter only if cluster input given)
```

Menü 4.3, PROCESSING: FORM SINGLE DIFF

Die Einstellungen im zweiten Menü erfolgten nach den Vorgaben des BS-Handbuches.

```
4.3-1 | FORM SINGLE DIFFERENCES: INPUT

  Simultaneous Observations:
    MAXIMUM TIME INTERVAL          > 1.5   <     SEC

  Set new Ambiguity:
    AFTER A BREAK OF               > 20    <     MIN
    WHEN CYCLE SLIP FLAG SET        > NO  <      (YES or NO)

  Optimize Baselines (Option O only):
    MAXIMUM BASELINE LENGTH        > 9000  <     KM  (Option O only)
    MINIMUM NUMBER OF OBSERVATIONS > 600   <     Scaled in 1 obs/min/freq
    MAX. DISTANCE OF FAST OBS. CNT.> 1000  <     KM

  Redundant Baseline Options (Option O only)
    REDUNDANT BASELINES             > NO  <      (YES or NO)
    MIN. REDUNDANT BASELINE LENGTH > 6000  <     KM
    MIN. IMPROVEM. IN SHORTEST WAY > 9000  <     KM

  Observation Filename Format
    LENGTH OF SESSION NUMBER        > 4 <        (4 or 3 characters)
```

Menü 4.3-1, FORM SINGLE DIFFERENCES: INPUT

Im nächsten Schritt werden als Anfangspunkte der Baselines die Neupunkte ausgewählt. In Troia sind zwei Punkte simultan besetzt worden.

```
File | SELECTION OF FIRST FILE(S)

  ANKR1950 13-JUL-00 00:00 2 ANKR 20805M002    AOA SNR-8000 ACT    0.060
  GRAZ1950 13-JUL-00 00:00 2 GRAZ 11001M002B   ROGUE SNR-8000      1.964
  MATE1950 13-JUL-00 00:01 2 MATE 12734M008C   TRIMBLE 4000SSI     0.101
  NOTO1950 13-JUL-00 00:00 2 NOTO 12717M003    TRIMBLE 4000SSI     0.000
  RAMO1950 13-JUL-00 00:01 2 RAMO 20703S001    ASHTECH Z-XII3      0.000
s TROA1950 13-JUL-00 00:00 2 TROA 100027       LEICA SR399         2.895
s TROI1950 13-JUL-00 00:00 2 TROI 100005       LEICA SR9500        1.536
  ZECK1950 13-JUL-00 00:00 2 ZECK 12351M001    ROGUE SNR-8000      0.045
```

Auswahl der Anfangsstation

Anschließend erfolgt die Auswahl der IGS-Stationen als Endpunkte der Baselines. Dies geschieht für beide Neupunkte getrennt.

Das Ergebnis sind sieben neue Beobachtungsfiles, die im Ordner OBS abgelegt werden und eine Protokolldatei mit dem Namen SINGDIF.L*.

```
1-DIF. HEADER FILE NAMES (OUT)   1-DIF. OBS. FILE NAMES (OUT)     NR1 NR2 STAT.
******************************** ******************************** *** *** *****

P:\TROJA\OBS\TAAN1950.PSH        P:\TROJA\OBS\TAAN1950.PSO          1   2   OK
P:\TROJA\OBS\TARA1950.PSH        P:\TROJA\OBS\TARA1950.PSO          3   4   OK
P:\TROJA\OBS\TATI1950.PSH        P:\TROJA\OBS\TATI1950.PSO          5   6   OK
P:\TROJA\OBS\TAZE1950.PSH        P:\TROJA\OBS\TAZE1950.PSO          7   8   OK
P:\TROJA\OBS\TIGR1950.PSH        P:\TROJA\OBS\TIGR1950.PSO          9  10   OK
P:\TROJA\OBS\TIMA1950.PSH        P:\TROJA\OBS\TIMA1950.PSO         11  12   OK
P:\TROJA\OBS\TINO1950.PSH        P:\TROJA\OBS\TINO1950.PSO         13  14   OK
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von SINGDIF

Weitere Informationen: BS-Handbuch Kapitel 10 „ Data Pre-Processing“ ab Seite 158

4.8.3.3. AUFSPÜREN VON PHASENSPRÜNGEN (CYCLESLIPS)

Im Programm 4.4 **MAUPRP** findet das Detektieren der Phasensprünge statt. Ziel ist es, die störenden Cycleslips zu markieren und – soweit möglich - zu reparieren.

Zuerst werden Messungen zu tiefstehenden Satelliten, Messungen auf nur einer Station einer Baseline und kurze Beobachtungsintervalle markiert. Anschließend wird untersucht, ob sich die *Doppeldifferenzen* signifikant von einer geglätteten Funktion unterscheiden. Weiterhin wird ein *Dreifachdifferenzlösung* gerechnet. Die gefundenen Cycleslips werden nach Art und Methode durch die sie entdeckt wurden, aufgelistet. Im letzten Schritt wird versucht die aufgedeckten Cycleslips zu reparieren. Für nicht reparable Phasensprünge wird ein neuer Ambiguityparameter eingeführt. (Siehe auch Kapitel 3.5.3 „Differenzbildung“).

Im ersten Menü werden die Ein- und Ausgabefiles ausgewählt. Wird der im CODSPP berechnete Koordinatenfile verwendet, müssen in diesen die original IGS-Stations-Koordinaten eingeführt werden. Das Einführen von Ionosphärenmodell und Satelliten-Uhr-Parametern ändert - nach meinen Erfahrungen - am Ergebnis nichts, schlägt sich aber deutlich in der Rechenzeit nieder. Dies entspricht auch dem Kontext der Hilfedatei.

```
4.4.2    PROCESSING: LATEST MANUAL/AUTOMATIC PREPROCESSING

  CAMPAIGN          > TROIA    <    (blank for selection list)

Input Files:
  SINGLE DIFF.      > ????195? <    (blank for selection list)
  COORDINATES       > SPCO0704 <    (blank for selection list)
  STANDARD ORBIT    > STDOB704 <    (blank for selection list)
  IONOSP. MODELS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ECCENTRICITIES    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  SATELL. CLOCKS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)

Output File:
  COORDINATES       > NO       <    (NO, if not to be saved)
  RESIDUALS         > NO       <    (NO, if not to be saved)
```

Menü 4.4.2, PROCESSING: LATEST MANUAL/AUTOMATIC PREPROCESING

Die Option COMBINED entspricht der Empfehlung für lange Baselines, dabei werden Beobachtungen bei denen eine Frequenz fehlt nicht überprüft. Bei kurzen Baselines ist die Option BOTH zu wählen. Die Referenzstation für die Doppeldifferenzbildung wird automatisch ausgewählt.

```
4.4.2-1    NEW PREPROCESSING: INPUT 1

  General Parameters:
    PROCESSING MODE          > AUTOMATIC <     (MANUAL, AUTOMATIC)
    FREQUENCY TO CHECK       > COMBINED  <     (L1,L2,BOTH or COMBINED)
    SAVE SCREENED FILES        > YES <         (YES or NO)
    ADJUST FREQ./WLFAC.        > YES <         (YES or NO)

  Change Other Options:
    CHANGE OPTIONS             > YES <         (YES.. or NO)

  Saving Coordinates:
    FIXED STATION        > AUTO             <  (AUTO for automatic selection)
```

Menü 4.4.2-1, NEW PERPROCESSING: INPUT 1

Es werden alle Beobachtungen mit einer Elevation unter 15° markiert (siehe Kapitel 3.6.2 „Troposphärische Refraktion“). Die Cycleslipsuche mit der Empfänger-Einzel-Differenz, brachte - nach meinen Erfahrungen - keine Verbesserung des Ergebnisses.

Alle dargestellten Einstellungen entsprechen den Empfehlungen des BS-Handbuches.

```
4.4.2-2 |                NEW PREPROCESSING: INPUT 2

Marking of Observations:
  USE MARKING FLAGS IN OBS FILES       > NO   <    (YES or NO)
  MARK OBSERVATIONS BELOW              > 15   <    degrees elevation
  MARK UNPAIRED OBSERVATIONS           > YES  <    (YES or NO)
  MIN.TIME INT. FOR CONTINUOUS OBS     > 301  <    seconds
  OBS STILL CONT IF GAPS SMALLER THAN  > 61   <    seconds

Non-Parametric Screening:
  PRINTING                             > SUMM <    (NO,SUMMary or ALL)
  SINGLE DIFF. SCREEN.                 > NO   <    (YES.. NO or ASIS
  DOUBLE DIFF. SCREEN.                 > YES  <    (YES.. NO or ASIS)
  MAX. INTERVAL OF FIT                 > 2    <    minutes

Triple Diff. Solution:
  FREQUENCY                            > L3   <    (L1,L2,L3 or L5)
  APRIORI COORD.SIGMAS                 > NO   <    (YES.. NO or ASIS)
  MAXIMUM OBSERVED-COMPUTED VALUE     > 999.0  <   meters
```

Menü 4.4.2-1, New Perprocessing: Input 2

```
4.4.2-2.2 |        AUTOMATIC PREPROCESSING: DOUBLE DIFF. SCREENING

      Double Diff. Screening:
        POLYNOMIAL DEGREE          > 1 <
        DISCONTINUITY LEVEL     > 0.01  <     meters
```

Menü 4.4.2-2.2, AUTOMATIC PREPROCESSING: DOUBLE DIFF. SCREENING

```
4.4.2-3 |                NEW PREPROCESSING: INPUT 3

Slip Detection:
  PRINTING                           > SUMMARY <   (NO,SUMMARY or ALL)
  ACCEPT SLIPS GREATER THAN          > 10      <   cycles (half)
  TEST OBS WITH CYCLE SLIP FLAG ONLY   > NO  <     (YES or NO)
  L5 IS CLEAN (EXCEPT FLAGGED EPOCHS)  > NO  <     (YES or NO)

Sigmas:
  L1 OBSERVATIONS                    > 0.0020  <   meters
  L2 OBSERVATIONS                    > 0.0020  <   meters

Cycles or Half:
  SEARCH L1 FOR                      > CYCLES  <   (CYCLES or HALF)
  SEARCH L2 FOR                      > CYCLES  <   (CYCLES or HALF)

Search Widths:
  SEARCH WIDTH L1                      > 5   <     integers
  SEARCH WIDTH L5                      > 2   <     integers
```

Menü 4.4.2-1, NEW PERPROCESSING: INPUT 2

```
4.4.2-4 |                NEW PREPROCESSING: INPUT 4

Outlier Rejection:
  OUTLIER REJECTION                    > YES <    (YES or NO)
  MAX. OBSERV.GAP                     > 181   <   seconds
  MAX. IONOS.DIFF                     > 400   <   percents of L1 cycles

Setting of New Ambiguities:
  - IF CYCLE SLIP FLAG SET IN FILE     > NO  <    (YES or NO)
  - IF CYCLE SLIP DETECTION PROBLEM    > YES <    (YES or NO)
  - AFTER A GAP LARGER THAN           > 181   <   seconds
  USE AMBIGUITIES FROM FILE            > NO  <    (YES or NO)
  MINIMUM TIME INTERVAL PER AMBIGUITY > 301   <   seconds
```

Menü 4.4.2-1, NEW PERPROCESSING: INPUT 2

Die Beobachtungsfiles werden ergänzt und eine Protokolldatei mit dem Namen MAUPRP.L* angelegt. Im oberen Teil wird der verwendete Baseline-Beobachtungsfile und die Baselinelänge dargestellt.

Es folgen die Auflistung der Beobachtungen auf nur einer Station der Baseline, Beobachtungen unter 15° und der mit der Doppledifferenz aufgespürten Cycleslips. (*Nicht dargestellt)*

Der RMS der Dreifachdifferenz-Lösung sollte 1 cm nicht wesentlich überschreiten.

Es folgt die Auflistung der Cycleslips nach Art des Phasensprungs. (*Nicht dargestellt)*

Wichtig ist, dass die Beobachtungsfiles ergänzt und gespeichert werden, dies wird durch den Ausdruck „**FILE SAVED**“ bestätigt. Geschieht dies aus irgend einem Grund nicht, erscheint eine Fehlermeldung.

```
 ******************************************************************************
 DATA SCREENING OF SINGLE DIFFERENCE OBSERVATION FILES          15-MAR-01 13:53
 ******************************************************************************
 …
 …                                                  (Allgemeien Informationen)
 …
 ***********************************************************************
 DATA SCREENING: TROJA                                   19-MAR-01 15:53
 ***********************************************************************

 STATION 1: TROA 100027            YEAR:  2000            SESSION:  1950
 STATION 2: ANKR 20805M002         DAY :   195            FILE   :     1

 BASELINE LENGTH (M) :    556815.228                ← Baselinelänge
 OBSERVAT. FILE NAME : P:\TROJA\OBS\TAAN1950.PSH    ← Verwenderte Beobachtung (Baseline)
…
…                                                   (Anz. markierter Beobachtungen)
…
-----------------------------------------------------------------------
 TRIPLE DIFFERENCE SOLUTION
 -----------------------------------------------------------------------

 FREQUENCY OF TRIPLE DIFF. SOLU.:           3
 NUMBER OF TRIPLE DIFF OBS. USED:       15185
 RMS OF TRIPLE DIFF SOLUTION (M):       0.010       ← Standardabweichung der Dreifachdifferenz

 COORDINATES  NEW-A PRIORI X (M):       0.311 +-       0.029
                           Y (M):      -0.308 +-       0.034
                           Z (M):       0.129 +-       0.021

 -----------------------------------------------------------------------

 -----------------------------------------------------------------------
 CYCLE SLIPS ACCEPTED IN THIS RUN
 -----------------------------------------------------------------------

 NUMBER OF SLIPS IN L1:   12
 NUMBER OF SLIPS IN L2:   12
…
…                                                   (Art der Cycleslips)
…
 FILE SAVED                                         ← Beobachtungsfiles wurden ergänzt


 #@# OK   TAAN1950 TROA 100027      ANKR 20805M002      556815.228
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von MAUPRP

Weitere Informationen: BS-Handbuch Kapitel 10 „ Data Pre-Processing“ ab Seite 158

4.8.4. PARAMETERSCHÄTZUNG

Nach dem die Vorbereitungen abgeschlossen sind, kann nun die Behandlung des Kernproblems, die Lösung der Phasenmehrdeutigkeiten (Ambiguities), erfolgen. Die so genannte Parameterschätzung geschieht in der BS im Programm GPSEST.

Zur Parameterschätzung wurden verschieden Lösungsstrategien entwickelt. In der BS stehen vier Strategien zur Ambiguitylösung zur Verfügung:

- ROUND
- SIGMA
- SEARCH
- QIF

Zusätzlich können mit den Strategien ELIMIEN und NO Koordinaten berechnet werden. Diese Algorithmen lösen allerdings die Phasenmehrdeutigkeiten nicht.

Die Wahl der Stratigie hängt von der Baselinelänge und der Beobachtungsdauer ab. Die nachstehende Tabelle zeigt die Strategie-Empfehlungen des BS-Handbuches in Abhängigkeit von Baselinelänge und Beobachtungsdauer.

Baselinelänge / **Beobachtungsdauer**	**kurz < 10 km**	**mittel 10 – 100 km**	**lang > 100 km**
Kurz	SEARCH	SEARCH	-
Lang	QIF oder SIGMA L_1 & L_2	QIF	QIF ODER SIGMA

Strategie in Abhängigkeit von Baselinelänge und Beobachtungsdauer

Die ITRF-Punkteinschaltungen wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit sowohl mit der QIF- als auch mit der SIGMA-Strategie berechnet. Die Ergebnisse werden in den Kapitelen 7 „Projekt Troia“ und 8 „Projekt Udabno“ miteinander verglichen.

Es kann vorkommen, dass im DOS-Eingabefenster nicht genügend Arbeitsspeicher zur Verfügung steht. Ist dies der Fall kommt es beim Versuch Berechnungen mit GPSEST durchzuführen zu einer Fehlermeldung. Es sollten dann die Speicheroptionen überprüft werden, siehe Kapitel 4.2.4 „Einrichten der DOS-Umgebung für die Berner Software“. Hält das Problem an, empfiehlt es sich die BS unter DOS zu starten, dort steht in der Regel ausreichend Arbeitsspeicher bereit.

Weitere Informationen: BS-Handbuch Kapitel 15 „Initial Phase Ambiguities and Ambiguity Resolution“ ab Seite 214.

4.8.4.1. QUASI IONOSPHERE FREE (QIF) –STRATEGIE

Die QIF-STRATEGIE zerfällt in zwei Schritte.

Im **ersten Schritt** wird wie folgt vorgegangen:

- L_1- und L_2-Phasenbeobachtungen werden gleichzeitig in die Ausgleichung eingeführt.
- Für jeden Satelliten wird pro Epoche ein Ionosphärenparameter aufgesetzt.
- Die Ionosphärenparameter werden mit Gewichten versehen. Die Größe des Gewichtes bestimmt die Stärke des Ionosphäreneinflusses:
  - Sehr große Gewichte führen zu einer L_1/ L_2-Lösung. Der Ionosphäreneinfluß ist groß, das Messrauschen klein und die Mehrdeutigkeiten ganzzahlig.
  - Bei sehr kleinen Gewichten erhält man eine L_3-Lösung. Der Ionosphäreneinfluß ist klein, das Messrauschen erhöht und die Mehrdeutigkeiten nicht mehr ganzzahlig.

Die Verbesserungsgleichungen sehen wie folgt aus:

$$L_1 + v = \rho(x, x_s) - \hat{I} + \lambda_1 \cdot N_1 \qquad 4.8\text{-}1$$

$$L_2 + v = \rho(x, x_s) - \frac{f_1^2}{f_2^2}\hat{I} + \lambda_2 \cdot N_2 \qquad 4.8\text{-}2$$

$$I(t) + v = \hat{I} \qquad 4.8\text{-}3$$

$$P_I(t) = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_I^2} \qquad 4.8\text{-}4$$

I = Ionosphärenparameter
P_I = Gewicht des Ionosphärenparameters

Mit der folgenden Formel werden ganzzahlige Ambiguities für L_1und L_2 gesucht, die nicht signifikant von den reellwertigen L3-Ambiguity B3 abweichen.

$$B_3 = L_3 - \rho = \frac{c}{f_1^2 - f_2^2}\left(f_1 \cdot N_1 - f_2 \cdot N_2\right) \qquad 4.8\text{-}5$$

Die Lösung erfolgt iterativ.

Im **zweiten Schritt** wird eine L3-Lösung gerechnet. Dabei werden die gelösten L_1- und L_2-Ambiguitie als Bekannte eingeführt.

[M. Rothacher, S. Schär, GPS-Leistungsbilanz 1994; R. Jäger, GPS-Vorlesungsskript; BS-Handbuch Kapitel 15 „Initial Phase Ambiguities and Ambiguity Resolution“ ab Seite 214]

QIF-STRATEGIE Schritt 1

Im ersten Schritt der QIF-SRATEGIE werden **baselineweise** die L_1- und L_2-Ambiguities gelöst. Es werden eine Baseline, Näherungskoordinaten, Standard-Orbit und Ionosphärenmodell eingeführt.

```
4.5 | PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

  CAMPAIGN          > TROIA    <    (blank for selection list)

Job Identification:
  JOB CHARACTER        >   <        (blank, or A..Z, 0..9)

Input Files:
  PHASE Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  PHASE S.DIFF.     > TAAN1950 <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  S.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  COORDINATES       > SPCOO704 <    (blank for selection list)
  STANDARD ORBIT    > STDOB704 <    (blank for selection list)
  RAD.PRESS.COE.    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  IONOSP. MODELS    > COD10704 <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  TROPO. ESTIMATES  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  METEO DATA        > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ECCENTRICITIES    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  OCEAN LOADING     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  SATELL. CLOCKS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE BIASES       > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ANT. ORIENTATION  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
```

Menü 4.5, PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

Im Menü 4.5-0 „PARAMETER ESTIMATION: OUTPUT FILES“ werden **keine** Ausgabefiles definiert.

Es werden gleichzeitig L1 und L2-Beobachtungen verwendet. Die IGS-Station wird fixiert. Es wird die QIF-STRATEGIE verwendet, die Ambiguities werden gespeichert. Es werden alle Beobachtungen verwendet (das BS-Handbuch schlägt eine Samplingrate von 60 sec vor).

```
4.5-1 | PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

  TITLE  >                                                          <

  Frequency:
    FREQUENCY           > L1&L2 <    (L1,L2,L3,L4,L5,L1&L2,L3&L4,MIXED,
                                      WUEBBena/Melbourne, or DTEC)
  Fixed Station(s):
    STATION      > $LAST            <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
  Kin.  Station(s):                        SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
                                          SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Ambiguities:
    RESOLUTION STRATEGY > QIF    <    (ELIMIN..NO,ROUND,SEARCH..SIGMA..QIF..)
    INTRODUCE WIDELANE  > NO  <       (YES or NO)
    INTRODUCE L1 AND L2 > NO  <       (YES or NO)
    SAVE AMBIGUITIES    > YES <       (YES or NO)
  Observation selection:
    MIN. ELEVATION      > 15    <    degrees
    SAMPLING RATE       > 0     <    sec (0: all observations)
    OBSERV. WINDOW      > NO    <    (YES.. NO or ASIS)
```

Menü 4.5-1, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

```
4.5-1.4 | PARAMETER ESTIMATION: AMBIGUITY RESOLUTION (QIF)

Quasi-Ionosphere-Free Ambiguity Resolution:
  MAX. NUMBER OF AMB. SOLVED IN ONE ITERATION STEP  > 10   <     (0:All)
  SEARCH WIDTH IN WIDE-LANE CYCLES                  > 0.50   <    cycles
  MAX. RMS OF RESOLVABLE NARROW-LANE AMBIGUITY      > 0.03   <    cycles
  MAX. FRACT. PART OF RESOLVABLE NL AMBIGUITY       > 0.10   <    cycles
```

Menü 4.5-1, Parameter Estimation: Ambiguity Resulution (QIF)

Die Troposphäre wird mit dem Modell von Saastamoinen berechnet. Die Beobachtungen werden elevationsabhängig gewichtet, dies reduziert den Einfluss von Mehrwegeffekten, siehe auch Kapitel 3.5.4 „Mehrwegeffekte“. Werden die Beobachtungen nicht gewichtet, ist ein *a priori Sigma* von 0.002 m einzustellen.

```
4.5-2 | PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2

  Atmosphere Models:
    METEO DATA          > EXTRAPOLATED <  (EXTRAPOLATED, OBSERVED
                                           or ESTIMATED)
    TROPOSPH. MODEL     > SAASTAMOINEN <  (SAASTAMOINEN,HOPFIELD,
                                           ESSEN-FROOME,MARINI-MUR,
                                           DRY_SAAST,DRY_HOPFIELD, or NO)
  Statistics:
    CORRELATIONS        > CORRECT      <  (CORRECT, FREQUENCY, or BASELINE)
    CORREL. INTERVAL      > 1      <      sec
    A PRIORI SIGMA        > 0.001  <      m
    ELEV.-DEP. WEIGHTING   > COSZ <       (NO, COSZ, or model number)

  Further Options:
    PRINTING              > NO   <       (YES.. NO or ASIS)
    HELMERT               > NO   <       (YES.. NO or ASIS)
    ORBIT ADJUSTMENT      > NO   <       (YES.. NO or ASIS)
    SPECIAL REQUESTS      > YES  <       (YES.. or NO)
    ZERO DIFFERENCE EST.  > NO   <       (YES.. or NO)
```

Menü 4.5-2, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2

```
4.5-2.4 | PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS

  Special Requests:

    A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES        > NO   <   (YES.. NO)

    SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS        > YES  <   (YES.. NO)
    STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS            > YES  <   (YES.. NO)
    GLOBAL IONOSPHERE MODEL PARAMETERS          > NO   <   (COE.. HGT.. NO)
    DIFFERENTIAL CODE BIASES                    > NO   <   (YES.. NO)
    EARTH ROTATION PARAMETERS                   > NO   <   (YES.. NO)
    COORDINATES OF CENTER OF MASS               > NO   <   (YES.. NO, ASIS)
    SATELLITE ANTENNA OFFSETS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA OFFSETS                    > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA PATTERNS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER CLOCK ERRORS                       > NO   <   (YES.. NO)

    PARAMETER PRE-ELIMINATION                   > YES  <   (YES.. NO, ASIS)

    SATELLITE-SPECIFIC A PRIORI SIGMAS          > NO   <   (YES.. NO)
```

Menü 4.5-2.4, PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS

Zur Troposphärenschätzung haben sich folgende Parameter bewährt.

```
4.5-2.4.0 | PARAMETER ESTIMATION: SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS

  General Zenith Apriori Sigmas:      General Gradient Apriori Sigmas:
    ABSOLUTE    > 1.0000 <  m           ABSOLUTE     > 5.0000 <  m
    RELATIVE    > 5.0000 <  m           RELATIVE     > 5.0000 <  m

  Special Zenith Apriori Sigmas:      Special Gradient Apriori Sigmas:
    ABSOLUTE    > 0.0000 <  m           ABSOLUTE     > 0.0000 <  m
    RELATIVE    > 0.0000 <  m           RELATIVE     > 0.0000 <  m

  Special Station Selection (no estimation if special sigmas set to 0.0):
    STATIONS    > NONE             < (blank for selection list, NONE,
                                     NO_TROPO, SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Set-up of Parameters:
    MAPPING FUNCTION           > COSZ      <  (COSZ, HOPFIELD, DRY_NIELL,
                                               or WET_NIELL)
    GRADIENT ESTIMATION MODEL  > NO        <  (NO, TILTING, or LINEAR)
    MODE OF PARAMETER SET-UP   > NUM <        (NUM: num/sess; MIN: minutes)
    # ZEN PAR/SESS OR INTERVAL > 12  <        (num/sess or minutes)
    # GRD PAR/SESS OR INTERVAL > 1   <        (num/sess or minutes)
```

Menü 4.5-2.4.0, PARAMETER ESTIMATION: SITE SPECIFIG TROPOSPHERE PARAMETERS

```
4.5-2.4.2      PARAMETER ESTIMATION: SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS

      STATION NAME :     TROA 100027            STATION NUMBER :   500

      TROPOSPHERE PARAMETERS :              > YES <      (YES or NO)
      CONTINUE WITH NO INTERACTION :        > NO  <      (YES or NO)

          FROM                    TO           ABS/REL  A PRIORI SIGMAS IN M
   yy mm dd  hh mm ss     yy mm dd  hh mm ss     A/R     ZENITH    GRADIENT

 > 00 07 22  23 59 56 < > 00 07 23  01 59 60 <  > A <  > 0.1000 < >  0.00  <
 > 00 07 23  01 59 60 < > 00 07 23  03 59 60 <  > R <  > 5.0000 < >  0.00  <
   …
   …
 > 00 07 23  19 59 59 < > 00 07 23  21 59 59 <  > R <  > 5.0000 < >  0.00  <
 > 00 07 23  21 59 59 < > 00 07 24  00 00 03 <  > R <  > 5.0000 < >  0.00  <
```

Menü 4.5-2.420, PARAMETER ESTIMATION: SITE SPECIFIG TROPOSPHERE PARAMETERS

```
4.5-2.4.7      PARAMETER ESTIMATION: STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS

  Stochastic Ionosphere Parameters:

    EPOCH-WISE PRE-ELIMINATION                          > YES <   (YES,NO)
    ELIMINATION OF REFERENCE IONOSPHERE PARAMETERS      > NO  <   (YES,NO)
    ELEVATION-DEPENDENT PARAMETER CONSTRAINING          > YES <   (YES,NO)

    ABSOLUTE A PRIORI SIGMA ON SINGLE DIFFERENCE LEVEL  > 0.25   < m
    RELATIVE A PRIORI SIGMA OF IONOSPHERIC RANDOM WALK  > 0.00   < m/min**1/2
```

Menü 4.5-2.4.7, PARAMETER ESTIMATION: STOCHSSTIC IONOSPHERE PARAMETERS

```
4.5-2.4.8                    PARAMETER PRE-ELIMINATION

  Parameters to be Pre-Eliminated: NO= No Pre-Elimination
                                   BI= Before Inversion of Normal Eq. System
                                   AI= After  Inversion of Normal Eq. System
                                   EP= After Each Epoch

    STATION COORD.    > NO <     EARTH POTENTIAL   > NO <   (NO, BI, AI)
    RECEIVER CLOCKS   > NO <     HILL RESONANCES   > NO <   (NO, BI, AI)
    ORBIT ELEMENTS    > NO <     EARTH ALBEDO      > NO <   (NO, BI, AI)
    AMBIGUITIES       > NO <     CENTER OF MASS    > NO <   (NO, BI, AI)
    REC.HEIGHT.CALIB. > NO <     DIFF. IONOSPHERE  > EP <   (NO, BI, AI, EP)
    SITE TROPOSPHERE  > NO <     PHASE CENTER VAR. > NO <   (NO, BI, AI)
    LOCAL IONOSPHERE  > NO <     GLOBAL IONOSPHERE > NO <   (NO, BI, AI)
    DIFF. CODE BIASES > NO <     ---               > NO <   (NO, BI, AI)
    LOCAL TROPOSPHERE > NO <     KIN. COORDINATES  > NO <   (NO, BI, AI, EP)
    EARTH ROTATION    > NO <     EPOCH AMBIGUITIES > NO <   (NO, BI, AI, EP)
    STOCH. ORBIT      > NO <     STATION CLOCKS    > NO <   (NO, BI, AI, EP)
    SAT. ANT.OFF      > NO <     SATELLITE CLOCKS  > NO <   (NO, BI, AI, EP)
```

Menü 4.5-2.4.7, PARAMETER ESTIMATION: PARAMETER PRE-ELIMINATION

Protokolliert werden die Berechnungen in der Ausgabedatei GPSEST.L*.

In der Ausgabedatei ist die gesamte Anzahl der Ambiguities im Verhältnis zur Anzahl der nicht gelösten Ambiguities und der A POSTERIORIE SIGMA -Wert wichtig.

Im Beispiel konnten von 90 Ambiguities 14 nicht gelöst werden. Das entspricht etwa 84,4% gelösten Ambiguities, ein guter Wert. Der A POSTERIORIE SIGMA-Wert von 1,5 mm ist ein hervorragendes Ergebnis.

```
 12. RESULTS (PART 1)
 --------------------

 NUMBER OF PARAMETERS (PART 1):
 ------------------------------

 PARAMETER TYPE                      #PARAMETERS   #PRE-ELIMINATED        #SET-UP  #NO-OBS  #REF     #SINGULAR
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 STATION COORDINATES                           3           0                     3        0        0        0
 AMBIGUITIES                                  90           0                   106       14        2        0
 SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS         24           0                    24        0        0        0
 STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS          18206       18206  (EPOCH-WISE)   18322      116        0        0

 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL NUMBER OF PARAMETERS               18223       18206                  18455      130        2        0
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 …
 …
 …
13. RESULTS (PART 2)
 --------------------

 NUMBER OF PARAMETERS (PART 2):
 ------------------------------

 PARAMETER TYPE                      #PARAMETERS   #PRE-ELIMINATED        #SET-UP  #NO-OBS  #REF     #SINGULAR
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 STATION COORDINATES                           3           0                     3        0        0        0
 AMBIGUITIES                                  14           0                   106       14        2        0
 SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS         24           0                    24        0        0        0
 STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS          18206       18206  (EPOCH-WISE)   18322      116        0        0

 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL NUMBER OF PARAMET                  18247       18206                  18455      130        2        0
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------


 NUMBER OF OBSERVATIONS (PART 2):
 --------------------------------

 TYPE         FREQUENCY         FILE              #OBSERVATIONS
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 PHASE           L1              ALL                  15330
 PHASE           L2              ALL                  15330

 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS                         30660
 ---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 NUMBER OF OBSERVATIONS (PART 2):
 --------------------------------


 A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT  :    0.0015 M  (SIGMA OF ONE-WAY L1 PHASE OBSERVABLE AT ZENITH)

 DEGREE OF FREEDOM (DOF)            :     15289
 CHI**2/DOF                         :      2.16
```

Ausschnit aus der Ausgabedatei von GPSEST

QIF-STRATEGIE Schritt 2

Im zweiten und letzten Schritt der QIF-STRATEGIE erfolgt die Berechnung der L_3-Lösung. Dabei werden die Normalgleichungsanteile (normal Equations) in eine Matrix geschrieben. Je nach Aufgabenstellung kann dies Session- oder Baselineweise geschehen. Bei der Einschaltung eines Punktes bietet sich eine sessionweise Auswertung an. Wird ein komplexes Netz ausgeglichen, ist der baselineweisen Berechnung der Vorzug zu geben. In diesem Fall erfolgt die Zusammenführung der Baselines mit ihren Normalgleichungsanteilen in ADDNEQ.

Im konkreten Fall wurde sowohl die baselineweise, als auch die sessionweise Berechnung durchgeführt und auf Grundlage der anschließenden Qualitätskontrolle (sieh Kapittel 5) das bessere Ergebnis ermittelt.

Im zweiten Schritt der QIF-STATEGIE wird kein Ionosphärenmodell mehr benötigt.

```
4.5 | PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

  CAMPAIGN          > TROIA    <    (blank for selection list)

Job Identification:
  JOB CHARACTER        >   <       (blank, or A..Z, 0..9)

Input Files:
  PHASE Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  PHASE S.DIFF.     > TAAN1950 <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  S.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  COORDINATES       > SPCO0704 <    (blank for selection list)
  STANDARD ORBIT    > STDOB704 <    (blank for selection list)
  RAD.PRESS.COE.    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  IONOSP. MODELS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  TROPO. ESTIMATES  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  METEO DATA        > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ECCENTRICITIES    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  OCEAN LOADING     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  SATELL. CLOCKS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE BIASES       > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ANT. ORIENTATION  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
```

Menü 4.5, Processing: Parameter Estimation

Es werden Koordinaten (*.CRD) und die dazugehörigen Kovarianxmatrize (*.CRV) ausgegeben. Sie dienen zur Weiterverarbeitung der Ergebnisse z.B. zur Qualitätskontrolle in GPS3D, Netz2D und Heidi. Die Normalgleichungsmatrix (*.NEQ) bilden die Grundlage für die Berechnungen in ADDNEQ.

```
4.5-0 | PAR. ESTIMATION: OUTPUT FILES

  Output Files:
    COORDINATES          > TAAN195Q <    (NO, if not to be saved)
    ORBITAL ELEMENTS     > NO       <    (NO, if not to be saved)
    TROPOSPHERE PARAM.   > NO       <    (NO, if not to be saved)
    TROPOSPHERE GRADI.   > NO       <    (NO, if not to be saved)
    TROPOSPHERE SINEX    > NO       <    (NO, if not to be saved)
    IONOSPHERE MODELS    > NO       <    (NO, if not to be saved)
    IONOSPHERE MAPS      > NO       <    (NO, if not to be saved)
    RESIDUALS            > NO       <    (NO, if not to be saved)
    COVARIANCES (COORD)  > TAAN195Q <    (NO, if not to be saved)
    COVARIANCES (ALL)    > NO       <    (NO, if not to be saved)
    NORMAL EQUATIONS     > TAAN195Q <    (NO, if not to be saved)
    EARTH ROTATION PARA. > NO       <    (NO, if not to be saved)
    POLE IN IERS FORMAT  > NO       <    (NO, if not to be saved)
    SATELLITE CLOCK FILE > NO       <    (NO, if not to be saved)
    CODE BIASES          > NO       <    (NO, if not to be saved)
    ANTENNA PCV (GRID)   > NO       <    (NO, if not to be saved)
    ANTENNA PCV (HARM)   > NO       <    (NO, if not to be saved)
    GENERAL OUTPUT       > NO       <    (NO, if standard name to be used)
```

Menü 4.5-0, PAR. ESTIMATION: OUTPUT FILES

Es wird eine L_3-Lösung berechnet. Dies geschieht mit dem ELIMIN –Algorithmus. Die gelösten L_1 und L_2 -Ambiguities aus Schritt 1 werden eingeführt.

```
4.5-1 |                PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1
------------------------------------------------------------------------
  TITLE  >                                                            <

  Frequency:
    FREQUENCY           > L3    <    (L1,L2,L3,L4,L5,L1&L2,L3&L4,MIXED,
                                      WUEBBena/Melbourne, or DTEC)
  Fixed Station(s):
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
  Kin.  Station(s):                        SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
                                          SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Ambiguities:
    RESOLUTION STRATEGY > ELIMIN <   (ELIMIN..NO,ROUND,SEARCH..SIGMA..QIF..)
    INTRODUCE WIDELANE  > NO  <      (YES or NO)
    INTRODUCE L1 AND L2 > YES <      (YES or NO)
    SAVE AMBIGUITIES    > NO  <      (YES or NO)
  Observation selection:
    MIN. ELEVATION      > 15    <    degrees
    SAMPLING RATE       > 0     <    sec (0: all observations)
    OBSERV. WINDOW      > NO    <    (YES.. NO or ASIS)
```

Menü 4.5-1, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

```
4.5-1.8 |     PARAMETER ESTIMATION: AMBIGUITY PRE-ELIMINATION
------------------------------------------------------------------------

 Ambiguity Pre-Elimination:
   EXECUTION  > SESSION <  (once per SESSION, every EPOCH, every n seconds)
```

Menü 4.5-1.8, PARAMETER ESTIMATION: AMBIGUITIE PRE-ELIMINATION

Die Einstellungen im Menü 4.5-2 "PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2" bleiben wie im Schritt 1.

```
4.5-2.4 |             PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS
------------------------------------------------------------------------

  Special Requests:

    A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES        > YES  <   (YES.. NO)

    SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS        > YES  <   (YES.. NO)
    STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS            > NO   <   (YES.. NO)
    GLOBAL IONOSPHERE MODEL PARAMETERS          > NO   <   (COE.. HGT.. NO)
    DIFFERENTIAL CODE BIASES                    > NO   <   (YES.. NO)
    EARTH ROTATION PARAMETERS                   > NO   <   (YES.. NO)
    COORDINATES OF CENTER OF MASS               > NO   <   (YES.. NO, ASIS)
    SATELLITE ANTENNA OFFSETS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA OFFSETS                    > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA PATTERNS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER CLOCK ERRORS                       > NO   <   (YES.. NO)

    PARAMETER PRE-ELIMINATION                   > NO   <   (YES.. NO, ASIS)

    SATELLITE-SPECIFIC A PRIORI SIGMAS          > NO   <   (YES.. NO)
```

Menü 4.5-2.4, PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS

Die IGS-Stationen werden mit einem zehntel Millimeter Festgehalten.

```
4.5-2.4.B | PARAMETER ESTIMATION: A PRIORI SIGMAS: STATIONS AND DEFAULT SIGMA
------------------------------------------------------------------------

   Station Selection:
      STATIONS    >                 <  (blank for selection list, SELECTED,
                                        SPECIAL_FILE.., $FIRST, $LAST)
   Default Sigma per Coordinate:
      SIGMA              > 0.0001  <    (meters)
```

Menü 4.5-2.4.B, PARAMETER ESTIMATION: A PRIORIE SIGMAS: STATIONS AND DEFAULT SIGMA

```
4.5-2.4.3 |  PARAMETER ESTIMATION: A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES

      NUM    STATION                SIGMA(N)     SIGMA(E)     SIGMA(H)
                                                 (meters)

    > 202 <  ANKR 20805M002       >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <

           Remove stations without a priori sigmas from panel
```

Menü 4.5-2.4.3, PARAMETER ESTIMATION: A PRIORIE SIGMAS FOR SITE COORDINATES

Protokoliert werden die Berechnungen in der Ausgabedatei GPSEST.L*.

Wichtig ist wieder der A POSTERIORIE SIGMA-Wert.

```
12. RESULTS (PART 1)
--------------------

NUMBER OF PARAMETERS (PART 1):
------------------------------

PARAMETER TYPE                      #PARAMETERS   #PRE-ELIMINATED        #SET-UP  #NO-OBS  #REF     #SINGULAR
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

STATION COORDINATES                       6           0                      6        0        0        0
AMBIGUITIES                               8           8  (BEFORE INV)       18        7        0        1
SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS     24           0                     24        0        0        0

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
TOTAL NUMBER OF PARAMETERS               38           8                     45        7        0        1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------


NUMBER OF OBSERVATIONS (PART 1):
--------------------------------

TYPE         FREQUENCY         FILE              #OBSERVATIONS
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

PHASE           L3              ALL                  15330

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS                         15330
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------


A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT (PART 1):
-------------------------------------------

A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT  :  0.0014 M  (SIGMA OF ONE-WAY L1 PHASE OBSERVABLE AT ZENITH)

DEGREE OF FREEDOM (DOF)                :     15293
CHI**2/DOF                             :      1,90
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von GPSEST

4.8.4.2. SIGMA-STRATEGIE

Die SIGMA-Strategie eignet sich ebenso wie die QIF-Strategie zur Berechnung langer Baselines. Sie setzt sich aus 4 Stufen zusammen:

Stufe 1: Näherungskoordinaten mit L_3 .

Stufe 2: L_5 -Lösung unter Fixierung der L_3 –Näherungskoordinaten; Einführung eines Ionosphärenmodelles, Lösen der L_5 –Ambiguity.

Stufe 3: L_3 / L_Σ -Lösung unter Einführung der gelösten L_5 –Ambiguity, Troposphären-schätzung. Die L_1 und L_2 –Ambiguities werden wie folgt berechnet:

$$N_1 = \frac{N_{NL} + N_{WL}}{2} \qquad 4.8\text{-}6$$

$$N_2 = \frac{N_{NL} - N_{WL}}{2} \qquad 4.8\text{-}7$$

Stufe 4: Endgültige L_3 –Lösung unter Einführung der gelösten L_1 und L_2 –Ambiguities, sowie Troposphärenschätzung.

Die SIGMA-Strategie liefert sehr genaue Ergebnisse, die Berechnung nimmt auf Grund der vier Berechnungsschritte allerdings mehr Zeit in Anspruch als die QIF-Strategie.

<u>SIGMA-Strategie Stufe 1: Näherungskoordinaten</u>

Zu Berechnung der L_5 –Lösung werden gute Näherungskoordinaten benötigt. Dazu werden **alle Baselines einer Session** ausgewählt, außerdem die mit CODSPP berechneten Näherungskoordinaten und das Standard-Orbit.

```
4.5 |                PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

  CAMPAIGN          > TROIA    <    (blank for selection list)

Job Identification:
  JOB CHARACTER        >   <        (blank, or A..Z, 0..9)

Input Files:
  PHASE Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  PHASE S.DIFF.     > ????195? <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  S.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  COORDINATES       > SPCOO704 <    (blank for selection list)
  STANDARD ORBIT    > STDOB704 <    (blank for selection list)
  RAD.PRESS.COE.    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  IONOSP. MODELS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  TROPO. ESTIMATES  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  METEO DATA        > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ECCENTRICITIES    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  OCEAN LOADING     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  SATELL. CLOCKS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE BIASES       > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ANT. ORIENTATION  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
```

Menü 4.5, PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

```
File | SINGLE DIFFERENCE PHASE FILE SELECTION

s TAGR1950 13-JUL-00 00:00 2 TROA 100 GRAZ 110 LEICA SR ROGUE SN   2.895  1.964
s TAMA1950 13-JUL-00 00:01 2 TROA 100 MATE 127 LEICA SR TRIMBLE    2.895  0.101
s TANO1950 13-JUL-00 00:00 2 TROA 100 NOTO 127 LEICA SR TRIMBLE    2.895  0.000
s TATI1950 13-JUL-00 00:00 2 TROA 100 TROI 100 LEICA SR LEICA SR   2.895  1.536
s TIAN1950 13-JUL-00 00:00 2 TROI 100 ANKR 208 LEICA SR AOA SNR-   1.536  0.060
s TIRA1950 13-JUL-00 00:01 2 TROI 100 RAMO 207 LEICA SR ASHTECH    1.536  0.000
s TIZE1950 13-JUL-00 00:00 2 TROI 100 ZECK 123 LEICA SR ROGUE SN   1.536  0.045
```

Auswahlfenster: SINGLE DIFFERENCE PHASE FILE SELECTION

Ausgegeben werden sollen die Koordinaten.

```
4.5-0 | PAR. ESTIMATION: OUTPUT FILES

  Output Files:
    COORDINATES           > L3-195   <    (NO, if not to be saved)
    ORBITAL ELEMENTS      > NO       <    (NO, if not to be saved)
    TROPOSPHERE PARAM.    > NO       <    (NO, if not to be saved)
    TROPOSPHERE GRADI.    > NO       <    (NO, if not to be saved)
    TROPOSPHERE SINEX     > NO       <    (NO, if not to be saved)
    IONOSPHERE MODELS     > NO       <    (NO, if not to be saved)
    IONOSPHERE MAPS       > NO       <    (NO, if not to be saved)
    RESIDUALS             > NO       <    (NO, if not to be saved)
    COVARIANCES (COORD)   > NO       <    (NO, if not to be saved)
    COVARIANCES (ALL)     > NO       <    (NO, if not to be saved)
    NORMAL EQUATIONS      > NO       <    (NO, if not to be saved)
    EARTH ROTATION PARA.  > NO       <    (NO, if not to be saved)
    POLE IN IERS FORMAT   > NO       <    (NO, if not to be saved)
    SATELLITE CLOCK FILE  > NO       <    (NO, if not to be saved)
    CODE BIASES           > NO       <    (NO, if not to be saved)
    ANTENNA PCV (GRID)    > NO       <    (NO, if not to be saved)
    ANTENNA PCV (HARM)    > NO       <    (NO, if not to be saved)
    GENERAL OUTPUT        > NO       <    (NO, if standard name to be used)
```

Menü 4.5-0, PAR. ESTIMATION: OUTPUT FILES

Die Berechnung wird mit L_3 vorgenommen, es werden keine Koordinaten fixiert und keine Ambiguities gelöst. Es werden alle Beobachtungen verwendet.

```
4.5-1 | PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

  TITLE  >                                                          <

  Frequency:
    FREQUENCY            > L3     <    (L1,L2,L3,L4,L5,L1&L2,L3&L4,MIXED,
                                         WUEBBena/Melbourne, or DTEC)
  Fixed Station(s):
    STATION      > NONE              <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
  Kin.  Station(s):                         SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    STATION      > NONE              <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
                                           SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Ambiguities:
    RESOLUTION STRATEGY > NO      <   (ELIMIN..NO,ROUND,SEARCH..SIGMA..QIF..)
    INTRODUCE WIDELANE  > NO  <       (YES or NO)
    INTRODUCE L1 AND L2 > NO  <       (YES or NO)
    SAVE AMBIGUITIES    > NO  <       (YES or NO)
  Observation selection:
    MIN. ELEVATION      > 15     <    degrees
    SAMPLING RATE       > 0      <    sec (0: all observations)
    OBSERV. WINDOW      > NO     <    (YES.. NO or ASIS)
```

Menü 4.5-1, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

Die troposphärische Wegverzögerung wird mit dem Modell von Saastamoinen berechnet. Die Beobachtungen werden elevationsabhängig gewichtet, dies reduziert den Einfluss von Mehrwegefekten.

```
4.5-2 |                PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2

  Atmosphere Models:
    METEO DATA          > EXTRAPOLATED <  (EXTRAPOLATED, OBSERVED
                                           or ESTIMATED)
    TROPOSPH. MODEL     > SAASTAMOINEN <  (SAASTAMOINEN,HOPFIELD,
                                           ESSEN-FROOME,MARINI-MUR,
                                           DRY_SAAST,DRY_HOPFIELD, or NO)
  Statistics:
    CORRELATIONS        > CORRECT      <  (CORRECT, FREQUENCY, or BASELINE)
    CORREL. INTERVAL      > 1      <     sec
    A PRIORI SIGMA        > 0.001  <     m
    ELEV.-DEP. WEIGHTING    > COSZ <     (NO, COSZ, or model number)

  Further Options:
    PRINTING                > NO   <     (YES.. NO or ASIS)
    HELMERT                 > NO   <     (YES.. NO or ASIS)
    ORBIT ADJUSTMENT        > NO   <     (YES.. NO or ASIS)
    SPECIAL REQUESTS        > YES  <     (YES.. or NO)
    ZERO DIFFERENCE EST.    > NO   <     (YES.. or NO)
```

Menü 4.5-2, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2

Die IGS-Stationen werden mit einem zehntel Millimeter festgehalten. Es werden stationsspezifischen Troposphärenparameter geschätzt.

```
4.5-2.4 |          PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS

  Special Requests:

    A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES        > YES  <   (YES.. NO)

    SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS        > YES  <   (YES.. NO)
    STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS            > NO   <   (YES.. NO)
    GLOBAL IONOSPHERE MODEL PARAMETERS          > NO   <   (COE.. HGT.. NO)
    DIFFERENTIAL CODE BIASES                    > NO   <   (YES.. NO)
    EARTH ROTATION PARAMETERS                   > NO   <   (YES.. NO)
    COORDINATES OF CENTER OF MASS               > NO   <   (YES.. NO, ASIS)
    SATELLITE ANTENNA OFFSETS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA OFFSETS                    > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA PATTERNS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER CLOCK ERRORS                       > NO   <   (YES.. NO)

    PARAMETER PRE-ELIMINATION                   > NO   <   (YES.. NO, ASIS)

    SATELLITE-SPECIFIC A PRIORI SIGMAS          > NO   <   (YES.. NO)
```

Menü 4.5-2.4, PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS

```
4.5-2.4.3 |   PARAMETER ESTIMATION: A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES

      NUM    STATION                 SIGMA(N)     SIGMA(E)     SIGMA(H)
                                                  (meters)

    > 121 <  GRAZ 11001M002B      >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <
    > 144 <  MATE 12734M008C      >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <
    > 142 <  NOTO 12717M003       >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <
    > 202 <  ANKR 20805M002       >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <
    > 215 <  RAMO 20703S001       >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <
    > 140 <  ZECK 12351M001       >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <

            Remove stations without a priori sigmas from panel
```

Menü 4.5-2.4.3, PARAMETER ESTIMATION: A PRIORIE SIGMAS FOR SITE COORDINATES

Zur Troposphärenschätzung haben sich folgende Parameter als empfehlenswert erwiesen.

```
4.5-2.4.0 |      PARAMETER ESTIMATION: SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS

   General Zenith Apriori Sigmas:      General Gradient Apriori Sigmas:
     ABSOLUTE    > 1.0000 <  m           ABSOLUTE     > 5.0000 <  m
     RELATIVE    > 5.0000 <  m           RELATIVE     > 5.0000 <  m

   Special Zenith Apriori Sigmas:      Special Gradient Apriori Sigmas:
     ABSOLUTE    > 0.0000 <  m           ABSOLUTE     > 0.0000 <  m
     RELATIVE    > 0.0000 <  m           RELATIVE     > 0.0000 <  m

   Special Station Selection (no estimation if special sigmas set to 0.0):
     STATIONS    > NONE             < (blank for selection list, NONE,
                                      NO_TROPO, SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
   Set-up of Parameters:
     MAPPING FUNCTION           > COSZ      <  (COSZ, HOPFIELD, DRY_NIELL,
                                                or WET_NIELL)
     GRADIENT ESTIMATION MODEL  > NO        <  (NO, TILTING, or LINEAR)
     MODE OF PARAMETER SET-UP   > NUM <        (NUM: num/sess; MIN: minutes)
     # ZEN PAR/SESS OR INTERVAL > 12  <        (num/sess or minutes)
     # GRD PAR/SESS OR INTERVAL > 1   <        (num/sess or minutes)
```

Menü 4.5-2.4.0, PARAMETER ESTIMATION: SITE SPECIFIG TROPOSPHERE PARAMETERS

```
4.5-2.4.2 |      PARAMETER ESTIMATION: SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS

      STATION NAME :     TROA 100027            STATION NUMBER :   500

      TROPOSPHERE PARAMETERS :              > YES <      (YES or NO)
      CONTINUE WITH NO INTERACTION :        > NO  <      (YES or NO)

          FROM                     TO           ABS/REL  A PRIORI SIGMAS IN M
   yy mm dd  hh mm ss     yy mm dd  hh mm ss     A/R     ZENITH    GRADIENT

 > 00 07 22  23 59 56 < > 00 07 23  01 59 60 <  > A <  > 0.1000 < >  0.00  <
 > 00 07 23  01 59 60 < > 00 07 23  03 59 60 <  > R <  > 5.0000 < >  0.00  <
   …
   …
 > 00 07 23  19 59 59 < > 00 07 23  21 59 59 <  > R <  > 5.0000 < >  0.00  <
 > 00 07 23  21 59 59 < > 00 07 24  00 00 03 <  > R <  > 5.0000 < >  0.00  <
```

Menü 4.5-2.4.2, PARAMETER ESTIMATION: SITE SPECIFIG TROPOSPHERE PARAMETERS (Ausschnitt)

Protokolliert werden die Berechnungen in der Ausgabedatei GPSEST.L*.

Es wird ein A POSTERIORI SIGMA von 2.0 – 2.5 mm erwartet. Ist der RMS signifikant höher, weist dies auf schlechte Empfänger, sehr schlechte äußere Umstände bei der Messung, oder Fehler in der Daten-Vorverarbeitung hin.

```
A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT (PART 1):
-------------------------------------------

A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT  :    0.0014 M  (SIGMA OF ONE-WAY L1 PHASE OBSERVABLE AT ZENITH)

DEGREE OF FREEDOM (DOF)            :     98536
CHI**2/DOF                         :      1.88
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von GPSEST

SIGMA-Strategie Stufe 2: L_5 –Lösung

In der zweiten Stufe werden die L_5 –Ambiguities gelöst. Die „wide lane"–Lösung wird **baselineweise** vorgenommen. Es werden neben der Baseline die Näherungskoordinaten aus Stufe 1, das Standard-Orbit und ein Ionosphärenmodell benötigt.

Im Menü 4.5-0 „PARAMETER ESTIMATION: OUTPUT FILES" werden **keine** Ausgabefiles definiert.

Es wird eine L_5 –Lösung mit der SIGMA-Strategie berechnet. Die gelösten Ambiguities werden gespeichert. Alle Beobachtungen finden Verwendung.

```
4.5-1 |                PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1
------------------------------------------------------------------------
  TITLE  >                                                            <

  Frequency:
    FREQUENCY           > L5    <    (L1,L2,L3,L4,L5,L1&L2,L3&L4,MIXED,
                                      WUEBBena/Melbourne, or DTEC)
  Fixed Station(s):
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
  Kin.  Station(s):                        SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
                                          SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Ambiguities:
    RESOLUTION STRATEGY > SIGMA  <   (ELIMIN..NO,ROUND,SEARCH..SIGMA..QIF..)
    INTRODUCE WIDELANE  > NO  <      (YES or NO)
    INTRODUCE L1 AND L2 > NO  <      (YES or NO)
    SAVE AMBIGUITIES    > YES <      (YES or NO)
  Observation selection:
    MIN. ELEVATION      > 15    <    degrees
    SAMPLING RATE       > 0     <    sec (0: all observations)
    OBSERV. WINDOW      > NO    <    (YES.. NO or ASIS)
```

Menü 4.5-1, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

```
4.5-1.1 |     PARAMETER ESTIMATION: AMBIGUITY RESOLUTION (SIGMA)
------------------------------------------------------------------------

 Sigma-Dependent Ambiguity Resolution:
   MAX. NUMBER OF AMB. SOLVED IN ONE ITERATION STEP  > 10   <   (0:All)
   AMBIGUITY RESOLVABLE IF EXACTLY 1 INTEGER WITHIN  > 3.0  <    sigma
   MAXIMAL SIGMA OF A RESOLVABLE AMBIGUITY           > 0.07 <    cycles
   MINIMAL SIGMA OF AMBIGUITY USED FOR TESTS         > 0.05 <    cycles
```

Menü 4.5-1, Parameter Estimation: Ambiguity Resulution (SIGMA)

Das Menü 4.5-2 "PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2", bleibt unverändert wie in Stufe 1.

```
4.5-2.4 |          PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS
------------------------------------------------------------------------

  Special Requests:

    A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES        > YES  <   (YES.. NO)

    SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS        > NO   <   (YES.. NO)
    STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS            > NO   <   (YES.. NO)
    GLOBAL IONOSPHERE MODEL PARAMETERS          > NO   <   (COE.. HGT.. NO)
    DIFFERENTIAL CODE BIASES                    > NO   <   (YES.. NO)
    EARTH ROTATION PARAMETERS                   > NO   <   (YES.. NO)
    COORDINATES OF CENTER OF MASS               > NO   <   (YES.. NO, ASIS)
    SATELLITE ANTENNA OFFSETS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA OFFSETS                    > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA PATTERNS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER CLOCK ERRORS                       > NO   <   (YES.. NO)

    PARAMETER PRE-ELIMINATION                   > NO   <   (YES.. NO, ASIS)

    SATELLITE-SPECIFIC A PRIORI SIGMAS          > NO   <   (YES.. NO)
```

Menü 4.5-2.4, Parameter Estimation: Special Requests

Es müssen Anfangs und Endpunkt der Baseline festgehalten werden. Der a proiri Sigma Wert sollte in etwa der Genauigkeit der Näherungskoordinaten entsprechen. Ein Wert von einem Millimeter lieferte im konkreten Fall gute Ergebnisse.

```
4.5-2.4.3   PARAMETER ESTIMATION: A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES

      NUM    STATION                SIGMA(N)     SIGMA(E)     SIGMA(H)
                                                 (meters)

    > 500 <  TROA 100027          >  0.0010 <  >  0.0010 <  >  0.0010 <
    > 202 <  ANKR 20805M002       >  0.0010 <  >  0.0010 <  >  0.0010 <

            Remove stations without a priori sigmas from panel
```

Menü 4.5-2.4.3, PARAMETER ESTIMATION: A PROIRIE SIGMAS FOR SITE COORDINATES

Protokolliert werden die Berechnungen in der Ausgabedatei Gpsest.L*.

Die „wide lane“ hat eine „Wellenlänge“ von 0,86 cm, ist damit etwa doppelt so lang wie L_3. Die Anzahl der zu lösenden Ambiguities ist von daher auch nur etwa halb so groß wie bei QIF. Auf Grund des hohen Messrauschens der „wide lane“ ist die L5 –Lösung allerdings zur Koordinatenberechnung ungeeignet.

```
12. RESULTS (PART 1)
--------------------

NUMBER OF PARAMETERS (PART 1):
------------------------------

PARAMETER TYPE                    #PARAMETERS   #PRE-ELIMINATED        #SET-UP  #NO-OBS  #REF     #SINGULAR
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

STATION COORDINATES                     6           0                     6        0        0        0
AMBIGUITIES                            45           0                    53        7        1        0

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
TOTAL NUMBER OF PARAMETERS             51           0                    59        7        1        0
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
…
…
13. RESULTS (PART 2)
--------------------

NUMBER OF PARAMETERS (PART 2):
------------------------------

PARAMETER TYPE                    #PARAMETERS   #PRE-ELIMINATED        #SET-UP  #NO-OBS  #REF     #SINGULAR
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

STATION COORDINATES                     6           0                     6        0        0        0
AMBIGUITIES                             8           0                    53        7        1        0

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
TOTAL NUMBER OF PARAMETERS             14           0                    59        7        1        0
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
…
…
A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT (PART 2):
-------------------------------------------

A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT  :    0.0170 M  (SIGMA OF ONE-WAY L1 PHASE OBSERVABLE AT ZENITH)

DEGREE OF FREEDOM (DOF)            :     15316
CHI**2/DOF                         :    289.70
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von GPSEST

SIGMA-Strategie Stufe 3: L_3 / L_Σ –Lösung

In der dritten Stufe werden die „narow lane“ –Ambiguities gelöst. Dies geschieht durch eine erneute L_3 -Schätzung. Durch Transformation erfolgt die Umsetzung der reelwertigen L_3 – in ganzzahlige L_1 / L_2 –Ambiguities. Auch dieser Schritt ist **baselineweise** durchzuführen. Neben der Baseline werden die Näherungskoordinaten aus Stufe 1 und das Standard-Orbit benötigt.

Im Menü 4.5-0 „PARAMETER ESTIMATION: OUTPUT FILES“ werden **keine** Ausgabefiles definiert.

Es wird eine L_3 –Schätzung mit der Sigma-Strategie vorgenommen. Die gelösten „wide lane“-Ambiguities aus Stufe zwei werden eingeführt. Die L_1 / L_2 -Ambiguities werden gespeichert.

```
4.5-1 |                PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1
------------------------------------------------------------------------
  TITLE  >                                                            <

  Frequency:
    FREQUENCY           > L3    <    (L1,L2,L3,L4,L5,L1&L2,L3&L4,MIXED,
                                      WUEBBena/Melbourne, or DTEC)
  Fixed Station(s):
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
  Kin.  Station(s):                        SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
                                          SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Ambiguities:
    RESOLUTION STRATEGY > SIGMA  <   (ELIMIN..NO,ROUND,SEARCH..SIGMA..QIF..)
    INTRODUCE WIDELANE  > YES <      (YES or NO)
    INTRODUCE L1 AND L2 > NO  <      (YES or NO)
    SAVE AMBIGUITIES    > YES <      (YES or NO)
  Observation selection:
    MIN. ELEVATION      > 15    <    degrees
    SAMPLING RATE       > 0     <    sec (0: all observations)
    OBSERV. WINDOW      > NO    <    (YES.. NO or ASIS)
```

Menü 4.5-1, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

Die Einstellungen im Menü 4.5-1 „PARAMETER ESTIMATION: AMBIGUITY RESOLUTION (SIGMA)“ bleiben unverändert wie in Stufe 2.

Das Menü 4.5-2 “PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2“, bleibt unverändert wie in Stufe 1.

In diesem Schritt werden die IGS-Stationskoordinaten mit 0.0001 festgehalten und ein Troposphärenmodell geschätzt.

```
4.5-2.4 |          PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS
------------------------------------------------------------------------
  Special Requests:

    A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES        > YES  <   (YES.. NO)

    SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS        > YES  <   (YES.. NO)
    STOCHASTIC IONOSPHERE PARAMETERS            > NO   <   (YES.. NO)
    GLOBAL IONOSPHERE MODEL PARAMETERS          > NO   <   (COE.. HGT.. NO)
    DIFFERENTIAL CODE BIASES                    > NO   <   (YES.. NO)
    EARTH ROTATION PARAMETERS                   > NO   <   (YES.. NO)
    COORDINATES OF CENTER OF MASS               > NO   <   (YES.. NO, ASIS)
    SATELLITE ANTENNA OFFSETS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA OFFSETS                    > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER ANTENNA PATTERNS                   > NO   <   (YES.. NO)
    RECEIVER CLOCK ERRORS                       > NO   <   (YES.. NO)

    PARAMETER PRE-ELIMINATION                   > NO   <   (YES.. NO, ASIS)

    SATELLITE-SPECIFIC A PRIORI SIGMAS          > NO   <   (YES.. NO)
```

Menü 4.5-2.4, PARAMETER ESTIMATION: SPECIAL REQUESTS

An dieser Stell wird der Referenzpunkt mit eimen zehntel Millimeter festgehalten.

```
4.5-2.4.3 |      PARAMETER ESTIMATION: A PRIORI SIGMAS FOR SITE COORDINATES

      NUM    STATION                SIGMA(N)     SIGMA(E)     SIGMA(H)
                                                 (meters)

    > 202 <  ANKR 20805M002       >  0.0001 <  >  0.0001 <  >  0.0001 <

            Remove stations without a priori sigmas from panel
```

Menü 4.5-2.4.3, PARAMETER ESTIMATION: A PROIRIE SIGMAS FOR SITE COORDINATES

Zur Troposphärenschätzung haben sich die bereits bekannten Parameter als empfehlenswert erwiesen.

```
4.5-2.4.0 |      PARAMETER ESTIMATION: SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS

    General Zenith Apriori Sigmas:      General Gradient Apriori Sigmas:
      ABSOLUTE    > 1.0000 <  m           ABSOLUTE     > 5.0000 <  m
      RELATIVE    > 5.0000 <  m           RELATIVE     > 5.0000 <  m

    Special Zenith Apriori Sigmas:      Special Gradient Apriori Sigmas:
      ABSOLUTE    > 0.0000 <  m           ABSOLUTE     > 0.0000 <  m
      RELATIVE    > 0.0000 <  m           RELATIVE     > 0.0000 <  m

    Special Station Selection (no estimation if special sigmas set to 0.0):
      STATIONS    > NONE             < (blank for selection list, NONE,
                                       NO_TROPO, SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    Set-up of Parameters:
      MAPPING FUNCTION           > COSZ      <  (COSZ, HOPFIELD, DRY_NIELL,
                                                 or WET_NIELL)
      GRADIENT ESTIMATION MODEL  > NO        <  (NO, TILTING, or LINEAR)
      MODE OF PARAMETER SET-UP   > NUM <        (NUM: num/sess; MIN: minutes)
      # ZEN PAR/SESS OR INTERVAL > 12  <        (num/sess or minutes)
      # GRD PAR/SESS OR INTERVAL > 1   <        (num/sess or minutes)
```

Menü 4.5-2.4.0, PARAMETER ESTIMATION: SITE SPECIFIG TROPOSPHERE PARAMETERS

Protokolliert werden die Berechnungen in der Ausgabedatei Gpsest.L*.

In der Ausgabedatei fällt die hohe Genauigkeit der L_3 / L_Σ –Lösung auf.

```
A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT (PART 1):
 ------------------------------------------

 A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT  :    0.0012 M  (SIGMA OF ONE-WAY L1 PHASE OBSERVABLE AT ZENITH)

 DEGREE OF FREEDOM (DOF)            :     15255
 CHI**2/DOF                         :      1.78
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von GPSEST

Aus den „wide lane“- und „narrwo lane“-Ambiguities werden L_1- und L_2-Phasenmehrdeutigkeiten berechnet.

SIGMA-Strategie Stufe 4: L_3 –Lösung

Die vierte Stufe der SIGMA-Strategie entspricht dem zweiten Schritt der QIF-Strategie und wird von daher nicht noch einmal expliziet aufgeführt.

4.8.4.3. QIF L_1&L_2 –STRATEGIE

Die QIF L_1&L_2 –Strategie eigent sich vor allem zur Auswertung kurzer Baselines und langen Beobachtungszeiten. Die Ambiguitylösung im ersten Schritt erfolgt wie bei QIF unter Einführung von L_1 und L_2 sowie des Ionosphärenmodells. Im zweiten Schritt wird allerdings keine L_3-Lösung berechnet, sondern eine L_1&L_2-Lösung. Das Messrauschen ist in diesen Fall geringer. Da die Lösung aber nicht ionosphärenfrei ist, muß auch im zweiten Schritt das Ionosphärenmodell eingeführt werden.

QIF L_1&L_2 -STRATEGIE Schritt 1

Im ersten Schritt entspricht die Vorgehensweise exakt der QIF-Strategie. Lediglich im Menü „4.5-2, Parameter Estimation: Input 2“ ist unter Correlations nun der Parameter „Baseline“ zu setzen.

```
4.5-2 |                PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2

  Atmosphere Models:
    METEO DATA          > EXTRAPOLATED <  (EXTRAPOLATED, OBSERVED
                                           or ESTIMATED)
    TROPOSPH. MODEL     > SAASTAMOINEN <  (SAASTAMOINEN,HOPFIELD,
                                           ESSEN-FROOME,MARINI-MUR,
                                           DRY_SAAST,DRY_HOPFIELD, or NO)
  Statistics:
    CORRELATIONS        > BASELINE     <  (CORRECT, FREQUENCY, or BASELINE)
    CORREL. INTERVAL      > 1      <     sec
    A PRIORI SIGMA        > 0.001  <     m
    ELEV.-DEP. WEIGHTING   > COSZ <      (NO, COSZ, or model number)

  Further Options:
    PRINTING               > NO   <     (YES.. NO or ASIS)
    HELMERT                > NO   <     (YES.. NO or ASIS)
    ORBIT ADJUSTMENT       > NO   <     (YES.. NO or ASIS)
    SPECIAL REQUESTS       > YES  <     (YES.. or NO)
    ZERO DIFFERENCE EST.   > NO   <     (YES.. or NO)
```

Menü 4.5-2, Parameter Estimation: Input 2

QIF L_1&L_2 -STRATEGIE Schritt 1

Auch im zweiten Schritt entspricht die Vorgehenseweise weitgehend der QIF-Strategie. Mit dem Unterschied, dass nun ein Ionosphärenmodell benötigt wird.

```
4.5 |                PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

  CAMPAIGN          > TROIA    <    (blank for selection list)

Job Identification:
  JOB CHARACTER        >   <        (blank, or A..Z, 0..9)

Input Files:
  PHASE Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  PHASE S.DIFF.     > SAUD2491 <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  S.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  COORDINATES       > IGS      <    (blank for selection list)
  STANDARD ORBIT    > STDOB782 <    (blank for selection list)
  RAD.PRESS.COE.    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  IONOSP. MODELS    > COD10782 <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  TROPO. ESTIMATES  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  METEO DATA        > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ECCENTRICITIES    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  OCEAN LOADING     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  SATELL. CLOCKS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE BIASES       > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ANT. ORIENTATION  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
```

Menü 4.5, Processing: Parameter Estimation

Der entscheidende und namensgebende Unterschied liegt darin, dass eine L_1&L_2-Lösung berechnet wird.

```
4.5-1 |                PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1
------------------------------------------------------------------------
  TITLE  >                                                            <

  Frequency:
    FREQUENCY           > L1&L2 <    (L1,L2,L3,L4,L5,L1&L2,L3&L4,MIXED,
                                      WUEBBena/Melbourne, or DTEC)
  Fixed Station(s):
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
  Kin.  Station(s):                        SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
                                          SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Ambiguities:
    RESOLUTION STRATEGY > ELEMIN <   (ELIMIN..NO,ROUND,SEARCH..SIGMA..QIF..)
    INTRODUCE WIDELANE  > NO  <      (YES or NO)
    INTRODUCE L1 AND L2 > YES <      (YES or NO)
    SAVE AMBIGUITIES    > NO  <      (YES or NO)
  Observation selection:
    MIN. ELEVATION      > 15    <    degrees
    SAMPLING RATE       > 0     <    sec (0: all observations)
    OBSERV. WINDOW      > NO    <    (YES.. NO or ASIS)
```

Menü 4.5-1, Parameter Estimation: Input 1

Im Menü „4.5-2, Parameter Estimation: Input 2“ ist unter Correlations wieder der Parameter „Baseline“ zu setzen.

```
4.5-2 |                PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2
------------------------------------------------------------------------

  Atmosphere Models:
    METEO DATA          > EXTRAPOLATED <  (EXTRAPOLATED, OBSERVED
                                           or ESTIMATED)
    TROPOSPH. MODEL     > SAASTAMOINEN <  (SAASTAMOINEN,HOPFIELD,
                                           ESSEN-FROOME,MARINI-MUR,
                                           DRY_SAAST,DRY_HOPFIELD, or NO)
  Statistics:
    CORRELATIONS        > BASELINE     <  (CORRECT, FREQUENCY, or BASELINE)
    CORREL. INTERVAL      > 1      <     sec
    A PRIORI SIGMA        > 0.001  <     m
    ELEV.-DEP. WEIGHTING   > COSZ <      (NO, COSZ, or model number)

  Further Options:
    PRINTING               > NO   <      (YES.. NO or ASIS)
    HELMERT                > NO   <      (YES.. NO or ASIS)
    ORBIT ADJUSTMENT       > NO   <      (YES.. NO or ASIS)
    SPECIAL REQUESTS       > YES  <      (YES.. or NO)
    ZERO DIFFERENCE EST.   > NO   <      (YES.. or NO)
```

Menü 4.5-2, Parameter Estimation: Input 2

4.8.4.4. DIE SEARCH-STRATEGIE

Die SEARCH-Strategie eignet sich vor allen für kurze und mittlere Baselines mit kurzen Beobachtungszeiten. Dabei werden ausgehend von den gelösten realzahligen Ambiguities und ihrer Genauigkeit die entsprechenden ganzzahligen Ambiguity gesucht. Dies geschieht für alle Satelliten unter der Bedingung, dass die Fehlerquadratsumme minimal werden soll. Da bei diesem Lösungsansatz die besten ***Ambiguity-Kombination*** gesucht wird werden immer alle Ambiguity, oder Keine gelöst. Die Search-Strategie findet auch in Firmensoftware wie (SKI-Pro, GPSurvey, ...) Verwendung.

SEARCH-STRATEGIE Schritt 1

Im ersten Schritt der SEARCH-SRATEGIE werden **Baselineweise** die L_1- und L_2-Ambiguities gelöst. Es werden eine Baseline, Näherungskoordinaten, Standard-Orbit und Ionosphärenmodell eingeführt.

```
4.5 |                PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

  CAMPAIGN          > TROIA    <    (blank for selection list)

Job Identification:
  JOB CHARACTER        >   <        (blank, or A..Z, 0..9)

Input Files:
  PHASE Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  Z.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  PHASE S.DIFF.     > SAUD2491 <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE  S.DIFF.     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  COORDINATES       > IGS      <    (blank for selection list)
  STANDARD ORBIT    > STDOB782 <    (blank for selection list)
  RAD.PRESS.COE.    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  IONOSP. MODELS    > COD10782 <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  TROPO. ESTIMATES  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  METEO DATA        > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ECCENTRICITIES    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  OCEAN LOADING     > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  SATELL. CLOCKS    > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  CODE BIASES       > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
  ANT. ORIENTATION  > NO       <    (NO, if not used; blank for sel.list)
```

Menü 4.5, PROCESSING: PARAMETER ESTIMATION

Im Menü 4.5-0 „PARAMETER ESTIMATION: OUTPUT FILES“ werden **keine** Ausgabefiles definiert.

Es werden gleichzeitig L1 und L2-Beobachtungen verwendet. Die Referenzstation wird fixiert.

```
4.5-1 |              PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

  TITLE  >                                                          <

  Frequency:
    FREQUENCY           > L1&L2 <    (L1,L2,L3,L4,L5,L1&L2,L3&L4,MIXED,
                                      WUEBBena/Melbourne, or DTEC)
  Fixed Station(s):
    STATION      > $LAST            <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
  Kin.  Station(s):                        SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
    STATION      > NONE             <    (blank for sel.list, ALL or NONE,
                                          SPECIAL_FILE.. $FIRST, $LAST)
  Ambiguities:
    RESOLUTION STRATEGY > SEARCH <    (ELIMIN..NO,ROUND,SEARCH..SIGMA..QIF..)
    INTRODUCE WIDELANE  > NO  <       (YES or NO)
    INTRODUCE L1 AND L2 > NO  <       (YES or NO)
    SAVE AMBIGUITIES    > YES <       (YES or NO)
  Observation selection:
    MIN. ELEVATION      > 15    <     degrees
    SAMPLING RATE       > 0     <     sec (0: all observations)
    OBSERV. WINDOW      > NO    <     (YES.. NO or ASIS)
```

Menü 4.5-1, PARAMETER ESTIMATION: INPUT 1

```
4.5-1.3 | PARAMETER ESTIMATION: AMBIGUITY RESOLUTION (SEARCH)

General Search Strategy:
  BASELINE-WISE AMBIGUITY RESOLUTION                    > YES <  (YES,NO)

  SEARCH WIDTH IN UNIT OF STD. DEV.                    > 5.0   <
  MAXIMUM ALLOWED RMS(FIXED)/RMS(FLOAT)                > 2.0   <
  MINIMUM ALLOWED RMS(2-ND AMB)/RMS(1-ST BEST AMB)     > 1.4   <
  SEARCH WIDTH FOR GEOMETRY-FREE LC (L1 CYCLES)        > 0.1   <
```

Menü 4.5-1, Parameter Estimation: Ambiguity Resulution (SEARCH)

Die Troposphäre wird mit dem Modell von Saastamoinen berechnet. Die Beobachtungen werden elevationsabhängig gewichtet, dies reduziert den Einfluss von Mehrwegeffekten, siehe auch Kapitel 3.5.4 „Mehrwegeffekte“:

```
4.5-2 | PARAMETER ESTIMATION: INPUT 2

  Atmosphere Models:
    METEO DATA          > EXTRAPOLATED <  (EXTRAPOLATED, OBSERVED
                                           or ESTIMATED)
    TROPOSPH. MODEL     > SAASTAMOINEN <  (SAASTAMOINEN,HOPFIELD,
                                           ESSEN-FROOME,MARINI-MUR,
                                           DRY_SAAST,DRY_HOPFIELD, or NO)
  Statistics:
    CORRELATIONS        > BASELINE     <  (CORRECT, FREQUENCY, or BASELINE)
    CORREL. INTERVAL      > 1      <      sec
    A PRIORI SIGMA        > 0.001  <      m
    ELEV.-DEP. WEIGHTING   > COSZ <       (NO, COSZ, or model number)

  Further Options:
    PRINTING               > NO   <       (YES.. NO or ASIS)
    HELMERT                > NO   <       (YES.. NO or ASIS)
    ORBIT ADJUSTMENT       > NO   <       (YES.. NO or ASIS)
    SPECIAL REQUESTS       > NO   <       (YES.. or NO)
    ZERO DIFFERENCE EST.   > NO   <       (YES.. or NO)
```

Menü 4.5-2, Parameter Estimation: Input 2

Search-Strategie Schritt 2

Im zweiten Schritt der SEARCH-Strategie werden die Koordinaten und gegebenenfalls die Normalgleichungsanteile berechnet. Dieser Schritt entspricht bei kurzen Baselines dem zweiten Schritt der QIF L_1&L_2-Strategie, bei mittleren Baselinesi dem zweiten Schritt der QIF-Strategie.

4.8.4.5. VERGLEICH DER STRATEGIEN

QIF ↔ SIGMA

Die SIGMA-Strategie ist die klassische Methode zur Lösung langer Baselines mit langen Beobachtungszeiten. Die QIF-Strategie wurde später besonders für lange Baselines (ohne gute Codemessungen) entwickelt. In diesem Bereich versprach die SIGMA-Strategie keinen Erfolg.

Beide Strategien ermöglichen die zuverlässige Auswertung langer Baselines. Das Projekt Troia wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit mit beiden Strategien berechnet und die Ergebnisse miteinander verglichen. Dabei unterscheiden sich die Koordinaten nur im Berech weniger Millimeter. Dies entspricht auch den Erfahrungen aus anderen Diplomarbeiten (Christmann, Rohbacher 1998; Schmittinger 1999; Angelakis 2000, ...).

Der Unterschied in der Berechnungszeit fällt da schon klarer aus. Die SIGMA-Strategie hat doppelt so viele Berechnungsschritte wie die QIF-Strategie. Eine SIGMA-Berechnung nimmt von daher auch fast doppelte so viel Zeit in Anspruch, wie eine QIF-Berechnung. Dieser fällt vor allem bei Projekten mit vielen Baselines ins Gewicht.

QIF L_1&L_2 ↔ SEARCH

Die QIF L_1&L_2 –Strategie ist die Weiterentwicklung der QIF-Strategie speziell für kurze Baselines. Dabei wurde berücksichtigt, dass die Trägerwellen ein geringeres Messrauschen haben als die ionosphärenfreie Linearkombination.

Die SEARCH-Strategie wurde zur schnellen Lösung kurzer Baselines entwickelt. Es wird eine Ambiguity-Kombination berechnet, so dass entweder alle Phasenmehrdeutigkeiten oder Keine gelöst werden.

Beide Strategien eignen sich vor allem für kurze Baselines, wobei die Anwendung der QIF L_1&L_2 –Strategie vor allem bei langen Beobachtungszeiten Sinn macht. Die SEARCH-Strategie ist prädestiniert zur Auswertung von Rapid-Static-Messungen.

Elevationsabhängig gewichtete ↔ ungewichtete Beobachtungen

Untersuchungen des *University Colleg in London* haben gezeigt, dass durch die elevationsabhängige Gewichtung der Beobachtungen bei Punkten, auf denen starke Mehrwegeffekte auftraten, das Ergebnis signifikant verbessert werden kann. Bei der im Rahmen dieser Diplomarbeit mit beiden Strategien ausgewerteten ITRF-Punkteinschaltung in Troia war nur eine geringe Genauigkeitssteigerung durch die elevationsabhängige Gewichtung der Beobachtungen festzustellen. Da auf den Punkten mit nur geringen Mehrwegeffekten zu rechnen war, ist der geringe Qualitätsunterschied nicht weiter verwunderlich. Auf eingehende Untersuchungen der Methode wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit verzichtet.

4.8.5. ZUSAMMENFÜHREN DER EINZELERGEBNISSE

Unter dem Menüpunkt 4.8 „PROCESSING: COMBINATION OF SOLUTIONS“ stehen Programme zur Verfügung, mit denen Einzelne Baselines sowie Lösungen verschiedener Tage zusammengeführt werden können.

```
| 4.8     | PROCESSING: COMBINATION OF SOLUTIONS                          |
| S:Y C:0 |                                                               |
|   1     | NORMAL EQUATIONS : Combine/manipulate Normal Equation Systems |
|   2     | COORD. VAR/COVAR : Combine/compare Coordinates and Var./Covar.|
|   3     | NEW ADDNEQ                                                    |

Enter Selection :
```

Menü 4.8, PROCESSING: COMBINATION OF SOLUTIONS

4.8.5.1. ADDNEQ

Das Programm 4.8.1 **ADDNEQ** (Add Normal Equation Systems) wurde entwickelt, um beliebig viele Ergebnisse kombinieren zu können. Es erlaubt die Berechnung komplexer Netze, sowie das Zusammenführen der Ergebnisse mehrere Tage. So berechnet z.B. das CODE die offiziellen Monats- und Jahres-Koordinaten der IGS-Stationen mit ADDNEQ.

Eingabedateien sind die Normalgleichungsmatrizen (*.neq) die zuvor in GPSEST (bzw. ADDNEQ) gespeichert wurde. Sie enthalten alle wesentlichen Parameter wie Koordinaten, Ambiguities, Ionosphäre, Troposphäre, Orbits etc.. All diese Größen fließen in die Berechnung mit ein und werden größtenteils neu berechnet. Nicht berechnen kann ADDNEQ Ambiguities und Ionosphärenparamerter, diese müssen bereits in GPSEST geschätzt werden.

Im ersten Schritt werden die Normalgleichungsmatrizen ausgewählt.

```
| 4.8.1 |                ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS                |

   CAMPAIGN            > TROIA_   <    (blank for selection list)

 Job Identification:
   JOB CHARACTER         >   <        (blank, or characters A - Z, 0 - 9)

 Input Files:
   NORMAL EQUATIONS      >          <    (blank:  sel.list)
   UPDATE CRD.           > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
   FIX ON SPEC. COORD.   > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
   A PRIORI VELOC.       > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
   FIX ON SPEC. VELOC.   > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
   PLATE TABLE NUVEL1    > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
   COV. COMPONENT INTRO  > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
   PRE-DEFINED BASELINES > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
   SITES FOR REPEATABIL. > NO       <    (NO: not used, blank: sel.list)
```

Menü 4.8.1, ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS

```
| P:\TROIA_S1\OUT\ |        NORMAL EQUATION FILE SELECTION |

s TAAN195Q.NEQ                        87604  22-MAR-01  11:34
s TARA195Q.NEQ                        87604  22-MAR-01  11:38
  …
s TAAN205Q.NEQ                        87604  22-MAR-01  13:26
s TARA205Q.NEQ                        87604  22-MAR-01  13:29
  …
```

Ausschnitt aus dem Auswahlmenü für die Normalgleichungsmatrize

```
4.8.1-0 |          ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS: OUTPUT FILES

    Output Files:
      COORDINATES          > TROIA-Q  <    (NO, if not to be saved)
      VELOCITIES           > NO       <    (NO, if not to be saved)
      SINEX (CRD+VEL+ERP)  > NO       <    (NO, if not to be saved)
      ORBITAL ELEMENTS     > NO       <    (NO, file name)
      TROPOSPHERE PARAM.   > NO       <    (NO, if not to be saved)
      TROPOSPHERE SINEX    > NO       <    (NO, if not to be saved)
      IONOSPHERE MODELS    > NO       <    (NO, if not to be saved)
      COVARIANCES (COORD)  > TROIA-Q  <    (NO, if not to be saved)
      COVARIANCES (ALL)    > NO       <    (NO, if not to be saved)
      COVARIANCE COMPON.   > NO       <    (NO, if not to be saved)
      NORMAL EQUATIONS     > NO       <    (NO, if not to be saved)
      EARTH ROTATION PARA. > NO       <    (NO, if not to be saved)
      POLE IN IERS FORMAT  > NO       <    (NO, if not to be saved)
      PLOT FILE            > NO       <    (NO, if not to be saved)
      REPORT FILE (SUMMARY)> NO       <    (NO, if not to be saved)
      GENERAL OUTPUT       > NO       <    (NO, if standard name to be used)
```

Menü 4.8.1-0, ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS: OUTPUTFILES

Zur Berechnung endgültiger ITRF-Koordianten müssen in ADDNEQ die IGS-Stationskoordinaten fixiert werden.

```
4.8.1-1 |          ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS: INPUT 1

      TITLE    > QIF   ADDNEQ 195+205 Troia 2000                      <

    Coordinates:
      FIXED STATIONS      >                  <   (blank: sel.list, ALL, NONE,
                                                  SPECIAL_FILE, $FIRST, $LAST)
      A PRIORI SIGMAS     > NO   <               (YES, NO)
      FREE SOLUTION COND. > NO  <                (YES, NO)

    Velocities:
      FIXED STATIONS      > NONE             <   (blank: sel.list, ALL, NONE,
                                                  SPECIAL_FILE, $FIRST, $LAST)
      A PRIORI SIGMAS     > NO   <               (YES, NO)
      FREE SOLUTION COND. > NO  <                (YES, NO)
      INTRODUCE VELOC.    > NO  <                (YES, NO)
```

Menü 4.8.1-1 ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS: INPUT 1

```
                SELECT STATIONS FROM LIST  (FIXED STATIONS)

   500          TROA 100027
s  202          ANKR 20805M002
s  215          RAMO 20703S001
   501          TROI 100005
s  140          ZECK 12351M001
s  121          GRAZ 11001M002B
s  144          MATE 12734M008C
s  142          NOTO 12717M003
```

Auswahlmenü der festzuhaltenden Stationen

```
4.8.1-2 |          ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS: INPUT 2

    Statistics:
      A PRIORI SIGMA                      > 0.001  <     m

    Parameters:
      ORBIT ADJUSTMENT                     > NO   <   (YES, NO, ASIS)
      SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE            > YES  <   (YES, NO, ASIS)
      EARTH ROTATION                       > NO   <   (YES, NO, ASIS)
      COORDINATES OF CENTER OF MASS        > NO   <   (YES, NO, ASIS)
      PARAMETER PRE-ELIMINATION            > NO   <   (YES, NO, ASIS)

    Special Options :
      INDIVIDUAL VAR-COVAR RMS ESTIMATION  > NO  <    (YES, NO)
      PROCESSING IN BASELINE MODE          > NO  <    (YES, NO)
```

Menü 4.8.1-2 ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS: INPUT 2

Die Toposphären-Parameter sind so zu wählen, wie zuvor in GPSEST.

```
4.8.1-2.2        ADD NORMAL EQUATION SYSTEMS: SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE

   A priori Sigma:
      ABSOLUTE                          > 1.000 <    (meters)
      RELATIVE                          > 5.000 <    (meters)

   Modelling:
      CONTINUITY BETWEEN NEQS           > NO  <      (YES, NO)
      NUMBER OF PARAMETERS PER DAY      > 000 <      (0: AS IN NEQ)
```

Menü 4.8.1-2.2, NORMAL EQUATION SYSTEMS: SITE-SPECIFIC TROPOSPHÄRE

Die Berechnungen werden in der Datei ADDNEQ.L* protokolliert.

```
…
SHORT SOLUTION STATISTIC
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

 TOTAL NUMBER OF PARAMETERS                    :        295
 TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS                  :     170480
 NUMBER OF SINGLE DIFF. FILES                  :         12
 ----------------------------------------------

 A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT   :       0.0017
 SIGMA OF COORDINATE GROUP           :       0.0000
 (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: 2000-07-18 11:59:45
 VELOCITY MODEL INTRODUCED TO INDIVIDUAL SOLUTIONS:  ZERO VELOCITY FIELD


 NUM  STATION      #FIL FLG   X (M)      RMS1  RMS2      Y (M)      RMS1  RMS2      Z (M)     RMS1  RMS2 RMS1-XYZ
 -----------------------------------------------------------------------------------------------------------

 500  TROA          2  M 4391065.5976 0.0005 0.0024 2164757.7900 0.0003 0.0004 4074555.7019 0.0005 0.0012 0.0007
 202  ANKR          2  F 4121948.5646 0.0000 0.0001 2652187.9489 0.0000 0.0002 4069023.6801 0.0000 0.0001 0.0000
 501  TROI          2  M 4391416.8628 0.0005 0.0009 2164447.1780 0.0003 0.0002 4074351.3072 0.0005 0.0022 0.0007
 140  ZECK          2  F 3451174.8146 0.0000 0.0001 3060335.3792 0.0000 0.0001 4391955.5787 0.0000 0.0000 0.0000
 121  GRAZ          2  F 4194423.9079 0.0000 0.0000 1162702.6188 0.0000 0.0000 4647245.3378 0.0000 0.0000 0.0000
 144  MATE          2  F 4641949.6546 0.0000 0.0000 1393045.3470 0.0000 0.0001 4133287.3728 0.0000 0.0000 0.0000
 142  NOTO          2  F 4934528.6031 0.0000 0.0000 1321262.2884 0.0000 0.0000 3806479.5407 0.0000 0.0000 0.0000
…
…
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
 OUTLIER DETECTION USING THE MEAN REPEATABILITY RMS OF EACH COMPONENT
 DETECTION LEVEL (RESIDUUM/RMS): 3.00
 NORTH:  0.002, EAST:  0.006, UP:  0.007 (M)
 -----------------------------------------------------------------------------------------------------------
 FILE  STATION           COMPONENT    RESIDUUM(M)     RMS(M) RMS*FAC(M)   GRP
```

Ausschnitt aus der Ausgabedatei von ADDNEQ

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal ist der A POSTERIORIE SIGMA OF UNIT WEIGHT.

Der RMS2-Wert wird aus der Wiederholbarkeit der Koordinaten berechnet und später zur Ausreißersuche verwendet.

Die Schwelle zur Erkennung von Außreißern liegt bei dem Dreifachen des RMS-Wertes der Eingabedateien. Im Beispiel wurden keine Ausreißer gefunden.

Weitere Informationen: BS-Handbuch Kapitel l8 „Combination of Solutions“ ab Seite 238.

4.8.5.2. ADDNEQ2

Das Programm **ADDNEQ2** wurde während der Jahre 1997 und 1998 entwickelt. Es soll in Zukunft das alte ADDNEQ ablösen. ADDNEQ2 ist das erste Programm der BS, das in Fortrann 90 geschrieben ist. Die Funktionalität ist gegenüber ADDNEQ nochmals erhöht worden.

In ersten Menü werden die Ein- und Ausgabedateien definiert. Das auch die allgemeinen Dateien ausgewählt werden müssen, zeigt sehr deutlich, dass ADDNEQ2 für kampagnen-übergreifende Auswertungen ausgelegt ist.

```
 4.8.3 |      COMBINATION OF NORMAL EQUATION SYSTEMS (NEW ADDNEQ2 PROGRAM)

  CAMPAIGN                      >          <    (blank for selection list)

General Input File Names (including extensions, if any)

  GENERAL CONSTANTS             > CONST.       <  (blank:  sel.list)
  LOCAL GEODETIC DATUM          > DATUM.       <  (blank:  sel.list)
  STATION CRUX FILE             > STACRUX.NEW  <  (blank:  sel.list)
  SATELLITE PROBLEMS            > SAT_2000.CRX <  (blank:  sel.list)
  SATELLITE INFORMATION         > SATELLIT.TTT <  (blank:  sel.list)
  PHASE CENTER ECCENTRICITIES   > PHAS_IGS.01  <  (blank:  sel.list)
  POLE INFORMATION              > COD10707.ERP <  (blank:  sel.list)
  SINEX HEADER FILE             > SINEX.       <  (blank:  sel.list)

Campaign-specific Input Files (names without extensions)

  A PRIORI COORDINATES          > L3-195   < (blank:  sel.list)
  A PRIORI VELOCITIES           > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  A PRIORI COVARIANCES          > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)

Output Files (names without extensions)

  NORMAL EQUATIONS              > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  STATION COORDINATES           > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  VELOCITIES                    > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  SINEX                         > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  TROPOSPHERE CORRECTIONS       > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  TROPOS. SINEX OUTPUT          > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  EARTH ROTATION PARAMETERS     > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  IERS FORMAT ERP OUTPUT        > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  INDV. SOL. PLOT FILE          > NO       < (NO: not used, blank: sel.list)
  PROGRAM OUTPUT FILE           > ADDNEQ2  < (blank: sel.list)

Auxiliary File Names (including extensions)

  ERROR MESSAGE FILE            > NO           <     (NO: sysout used)
  SCRATCH FILE                  > ADDNEQ2.SCR  <
```

Menü 4.8.3 COMBINATION OF NORMAL EQUATION SYSTEMS

```
                    SELECT CAMPAIGN FROM LIST

S TROIA            30-JUN-00  -  24-JUL-00
  UDABNO           30-JUN-00  -  24-JUL-00
```

Auswahl der Kampagne

In diesem Menü werden die Normalgleichnungsmatrizen ausgewählt.

```
 4.8.3-1 |      ADDNEQ2: SELECTION OF NEQ INPUT FILES

Number of parameters in combined NEQ File
does not exceed > 500  <   (500, 1000, 2000, 3000)

Input Normal Equation Files     >          <

Orbital Elements                >          <
```

Menü 4.8.3-1, ADDNEQ2: SELECTION OF NEQ INPUT FILES

```
+-------------------------------------------------------------------------------+
|   NEQ-file        STD-file        RPR-file        ELE-file                    |
+-------------------------------------------------------------------------------+
  > TAAN195Q <    >          <    >          <    >          <
  > TARA195Q <    >          <    >          <    >          <
  …
  > TAAN195Q <    >          <    >          <    >          <
  > TARA195Q <    >          <    >          <    >          <
  …
```

Ausgewählte Normalgleichnugsmatrizen

```
4.8.3-2 | ADDNEQ2: PARAMETER REQUESTS:

Input Number of Intervals for Each Parameter Type

               0 ... remains as it is (in input NEQ-file)
  greater than 0 ... (piece-wise) linear or (piece-wise) constant function

  Station Coordinates > 0  <
  Tropospheric Delay  > 0  <
  x-Pole Coordinate   > 0  <
  y-Pole Coordinate   > 0  <
  UT1-UTC             > 0  <
  Nutation Term Eps   > 0  <
  Nutation Term Psi   > 0  <
```

4.8.3-2, ADDNEQ2: PARAMETER REQUEST

```
4.8.3-3 | ADDNEQ2: PARAMETER PRE-ELIMINATION

  0 ... do not pre-eliminate
  1 ... pre-eliminate before stacking
  2 ... pre-eliminate after stacking
  3 ... (trop. only) first and third file in 3-days solution

  Station Coordinates      > 0 <   (0, 1, 2)
  Orbital Parameters       > 0 <   (0, 1, 2)
  Tropospheric Delay       > 0 <   (0, 1, 2, 3)
  x-Pole Coordinate        > 0 <   (0, 1, 2)
  y-Pole Coordinate        > 0 <   (0, 1, 2)
  UT1-UTC                  > 0 <   (0, 1, 2)
  Nutation Term Eps        > 0 <   (0, 1, 2)
  Nutation Term Psi        > 0 <   (0, 1, 2)
  Stochastic Orbits        > 0 <   (0, 1, 2)
  Sat. Antenna Offsets     > 0 <   (0, 1, 2)
  Center of Mass           > 0 <   (0, 1, 2)
```

4.8.3-3, ADDNEQ2: PARAMETER PRE-ELIMINATION

In dem der Sigma-Wert auf Null gesetzt wird, können die IGS-Stationen fixiert werden. Standardmäßig ist ein zehntel Millimeter eingestellt.

```
4.8.3-4A | ADDNEQ2: CONSTRAINING OF PARAMETERS

STATION COORDINATES: station selection
--------------------------------------
>              <  (blank, ALL, NONE, SPECIAL_FILE, $FIRST)

default sigma:    > 0.0000 <       selection file:  >          <

free network:     > NO  <        (YES, NO)
```

Menü 4.8.3-4A, ADDNEQ2: CONSTRAINING OF PARAMETERS

```
+-------------------------------------------------------------------------------+
| List of stations with constrained coordinates                                 |
+-------------------------------------------------------------------------------+
  > ANKR 20805M002   <    >       0.0000     <
  > ZECK 12351M001   <    >       0.0000     <
  > GRAZ 11001M002B  <    >       0.0000     <
  > MATE 12734M008C  <    >       0.0000     <
  > NOTO 12717M003   <    >       0.0000     <
```

Fixierte IGS-Stationen

In diesem Fall werden keine Punktgeschwindigkeiten benötigt.

```
4.8.3-4B | ADDNEQ2: CONSTRAINING OF PARAMETERS

STATION VELOCITIES:  station selection
---------------------------------------
> NONE         <  (blank, ALL, NONE, SPECIAL_FILE, $FIRST)

default sigma:    > 0.01   <       selection file:  > IGSSIG   <

free network:     > NO  <        (YES, NO)
```

Menü 4.8.3-4B, ADDNEQ2: CONSTRAINING OF PARAMETERS

In den beiden letzten Menüs können die Parameter vielfältig beeinflußt werden.

```
4.8.3-4C | ADDNEQ2: CONSTRAINING OF PARAMETERS

ORBITS:
-------
Osculating elements:
--------------------
major axis   eccentricity inclination
>         <  >         <  >         <
asc. node    perigee      arg. of lat.
>         <  >         <  >         <

Dynamical Parameters:
---------------------
D0 (direct)  Y0 (Y-bias)  X0
>         <  >         <  >         <
Dcos         Ycos         Xcos
> 0.1E-11 <  > 0.1E-11 <  >         <
Dsin         Ysin         Xsin
> 0.1E-11 <  > 0.1E-11 <  >         <

Stochastic Parameters:
----------------------
radial       along track  out of plane
> 0.1E-05 <  > 0.1E-04 <  > 0.1E-05 <

EARTH ORIENTATION PARAMETERS
----------------------------
x-Pole       y-Pole       UT  first
>         <  >         <  > 0.0001  <
UT  other    Nut. Eps     Nut. Psi
>         <  > 0.001   <  > 0.001   <

TROPOSPHERIC DELAY        > 5.0     <
------------------

SAT. ANTENNA OFFSETS      > 0.0001  <
--------------------

CENTER OF MASS            > 0.0001  <
--------------
```

Menü 4.8.3-4C, ADDNEQ2: CONSTRAINING OF PARAMETERS

```
4.8.3-5 | ADDNEQ2: REMAINING OPTIONS

Title (will be written into the output file)

>                                                                    <

Add Stochastic Orbit Parameters on NEQ Boundaries         > NO  <  (YES, NO)

Long-arc Combination                                      > NO  <  (YES, NO)

Time Interval for Storing EOPs (in hours)                 > 12 <

Block the Retrograde Terms in X and Y Polar Wobble Series > NO  <  (YES, NO)

Compute and compare individual solutions                  > NO  <  (YES, NO)

Reference Epoch for the Coordinates (YYYY MM DD or blank) >            <
```

Menü4.8.3-5, ADDNEQ2: REMAINING OPTIONS

Die Protokolldatei heißt wie im ersten Menü definiert Addneq2. Sie kann im Gegensatz zu allen anderen Ausgabedateien nicht mit den Befehl *JOB* angesehen werden.

```
…
…

 Statistics:
 -----------

 Number of Observation Files              12
 Number of Observations               170480
 Number of Parameters                    295
 Degree of Freedom                    170185

 A posteriori RMS of Unit Weight       0.0017 m


 Coordinates:
 ------------

 TROA                 4391061.6126               39 57 33.033004
                      2164760.3568               26 14 34.622451
                      4074556.1228                       68.4729

                      4391065.5975 +- 0.0005     39 57 32.971751 +- 0.000015
                      2164757.7900 +- 0.0003     26 14 34.451217 +- 0.000014
                      4074555.7018 +- 0.0005             70.0721 +- 0.0005
…
…
 TROI                 4391412.9118               39 57 24.252326
                      2164449.7636               26 14 16.341321
                      4074351.7516                       73.4851

                      4391416.8626 +- 0.0005     39 57 24.191293 +- 0.000015
                      2164447.1780 +- 0.0003     26 14 16.170024 +- 0.000014
                      4074351.3071 +- 0.0005             75.0398 +- 0.0005
…
…
 Troposphere Parameters:
 -----------------------
 TROA              U  2000-07-12 23:59  2000-07-13  2:00    2.35259 +- 0.00061
 TROA              U  2000-07-13  2:00  2000-07-13  4:00    2.35860 +- 0.00060
 TROA              U  2000-07-13  4:00  2000-07-13  6:00    2.35048 +- 0.00060
 TROA              U  2000-07-13  6:00  2000-07-13  8:00    2.35626 +- 0.00064
 TROA              U  2000-07-13  8:00  2000-07-13 10:00    2.38036 +- 0.00074
 TROA              U  2000-07-13 10:00  2000-07-13 12:00    2.40303 +- 0.00060
 TROA              U  2000-07-13 12:00  2000-07-13 13:59    2.35665 +- 0.00070
 TROA              U  2000-07-13 13:59  2000-07-13 15:59    2.34665 +- 0.00076
 TROA              U  2000-07-13 15:59  2000-07-13 17:59    2.33577 +- 0.00059
 TROA              U  2000-07-13 17:59  2000-07-13 19:59    2.36885 +- 0.00071
 TROA              U  2000-07-13 19:59  2000-07-13 21:59    2.36479 +- 0.00065
 TROA              U  2000-07-13 21:59  2000-07-14  0:00    2.37585 +- 0.00057
 ANKR              U  2000-07-12 23:59  2000-07-13  2:00    2.11754 +- 0.00055
…
…
```

Ausschnitt as der Ausgabedatei von ADDNEQ2

Im ersten Teil der Ausgabedatei stehen allgemeine Informationen zu den verwendeten Dateien und der Anzahl der Parameter. Im Beispiel waren die im Menü 4.8.3-1 gewählten 500 Parameter ausreichend. Der wichtige Qualitätsmaßstab ist der RMS OF UNIT WEIGT. Es folgen die Koordinaten und die Troposphären Parameter.

<u>Weitere Informationen:</u> BS-Handbuch Kapitel 19 Stacking of Normal Equations using the new Addneq2 Programm ab Seite 263.

5. QUALITÄTSKONTROLLE

Bei der Auswertung der GPS-Messungen bleibt die physikalische Korrelation der Messungen in der Genauigkeitsabschätzung weitgehend unberücksichtigt. Die Qualität der berechneten Punkte wird von daher zu optimistisch geschätzt. Um eine realistischere Aussage über die Güte der Ergebnisse machen zu können, erfolgt daher eine Qualitätskontrolle. Dabei werden die GPS-Baselines oder -Sessions streng ausgeglichen und der Faktor zwischen der inneren und äußeren Genauigkeit (S_0) in einer Varianzkomponentenschätzung ermittelt.

Im ersten Schritt erfolgt eine dreidimensionale Ausgleichung mit GPS3D, anschließend eine nach Lage und Höhe getrennte Ausgleichung mit NETZ2D und HEIDI. Die notwendige Konvertierung der Daten erfolgte mit S-TRA und TRAVAR.

5.1. S-TRA

S-TRA © FH-Karlsruhe dient als Schnittstelle zwischen der Berner GPS Software und dem TRAVAR-Format. Als Eingabedateien dienen die in der BS entstandenen Koordinaten- (*.crd) und Kofaktorendateien (*.cov) der Baselines oder Sessions. S-Tra testet, ob diese absolut oder relativ sind und erzeugt eine Koordinatendatei (*.trv) und eine Matrixdatei (*.mtx) im TRAVAR-Format. Im weiteren Verlauf ist es möglich mit Hilfe der S-Transformation absolute Baselines bzw. Sessions zu relativieren, indem man einen Punkt des Netzes als fix deklariert. Hierbei entsteht ebenfalls eine *.trv-Datei und eine Kovaktorendatei (*.kov).

5.2. GPS3D

GPS3D © Jäger ist ein Programm zur gemeinsamen Ausgleichung von relativen und absoluten GPS-Sessions. Es dient damit zum einen der Kontrolle von GPS-Auswertungen auf Basis eines Zusammenschlusses der einzelnen Baselines oder Sessions zu einem freien GPS-Gesamtnetz. Auf der anderen Seite kann mit Hilfe absoluter Sessions auch ein Anschluss z.B. an das ITRF erfolgen.

Das Ausgleichungskonzept basiert auf der kleinsten Quadrate (L2-Norm). Qualitätssicherungsstandards sind:

- A priori und a posteriori 3D-Tests der Baselines der relativen Sessions sowie der einzelnen Punkte der absoluten Sessions.
- Ausgabe der geschätzten groben Fehler.

```
7 2                 ;Anzahl der Koordinate, Anzahl der Sessions
        121       4194423.9069   1162702.6191   4647245.3383
        140       3451174.8126   3060335.3825   4391955.5777
        144       4641949.6545   1393045.3510   4133287.3710
        202       4121948.5672   2652187.9395   4069023.6840
        500       4391065.6044   2164757.7899   4074555.7067
        501       4391416.8681   2164447.1787   4074351.3132
        142       4934528.6036   1321262.2902   3806479.5388
 7 2 6.5            ;Anzahl der Koordinaten, relative Session, S0-Wert
sess195q.trv        ;Name der Koordinatendatei
sess195q.kov        ;Name der Kovaktorendatei
 7 2 6.5
sess205q.trv
sess205q.kov
```

GPS3D-Eingabedatei einer sessionweise Ausgleichung

```
…
…
-----------------------------------------------------------------------------
ENDGÜLTIGE KOORDINATEN
-----------------------------------------------------------------------------
PUNKTNAME    AUSGEGL.KOORD        DX(m)  GENAUIG.  X-Y-Z    GENAUIG. RE-HO-H
                                         ERWARTET GESCHÄTZT ERWARTET GESCHÄTZT
-----------------------------------------------------------------------------
       121   4194423.9074         0.0005     0.0035  0.0037  0.0016  0.0017
             1162702.6193         0.0002     0.0018  0.0019  0.0011  0.0012
             4647245.3390         0.0007     0.0032  0.0034  0.0047  0.0049
…
…

(TROA) 500   4391065.6020        -0.0024     0.0012  0.0012  0.0007  0.0007
             2164757.7902         0.0003     0.0007  0.0008  0.0007  0.0007
             4074555.7058        -0.0009     0.0012  0.0012  0.0015  0.0016

(TROI) 501   4391416.8673        -0.0008     0.0012  0.0013  0.0007  0.0007
             2164447.1783        -0.0004     0.0007  0.0008  0.0006  0.0007
             4074351.3112        -0.0020     0.0011  0.0012  0.0015  0.0016

  DURCHSCHNITTL. MITTL. 3D-PUNKTFEHLER              0.0031         0.0033

  DURCHSCHNITTL. MITTL. 2D-LAGEFEHLER               0.0014         0.0014
  DURCHSCHNITTL. MITTL.  HOEHENFEHLER               0.0028         0.0029
```

Ausschnitt aus der GPS3D Ausgabedatei

5.3. TRAVAR

TRAVAR © GIK ist ein Programm, das aus geozentrischen Koordinaten geographische und Gauß-Krüger-Koordinaten berechnet. Es wurde als Schnittstelle zwischen den reinen GPS-Auswerte-Programmen und den Programmen NETZ2D und HEIDI entwickelt. Mit TRAVAR ist es möglich nicht nur Koordinaten, sondern auch die Kovarianzmatrizen nach strenger Fehlerfortpflanzung umzurechnen. Als Ellipsoide stehen zur Verfügung:

- Bessel-Ellipsoid
- WGS-84-Ellipsoid
- Internationales-Ellipsoid
- Krassowski-Ellipsoid

```
1                   ;Gauß-Krüger-Projektion
3                   ;Vollbesetzte Kozarianzmatrix
1.D0                ;S0
2                   ;WGS-84-Ellipsoid
27                  ;27°-Meridean
n2d-b1.BLC          ;Name der Netz2D Rumpfdatei
hei-b1.BLC          ;Name der Heidi Rumpfdate
taan195.trv         ;Name der Koordinatendatei
taan195.kov         ;Name der Kovaktorendatei
taan205.trv
taan205.kov
…
…
```

Ausschnitt aus der TRAVAR-Eingabedatei

5.4. NETZ2D

NETZ2D © GIK ist ein Programm zur Ausgleichung und Analyse (Planung) zweidimensionaler terrestrischer Netze, relativer und absoluter GPS-Netze und zur GPS-Integration.

Relative GPS-Beobachtungen werden aus bahndaten-bezogenen GPS-Kampagenen (ohne Fiducialpunkte) erhalten. Für den Anwender werden diese wie absolute Punktbeobachtungen behandelt bzw. eingelesen. Die Beobachtungen (Koordinatendifferenzen) werden intern als korrelierte Koordinatendifferenzen modelliert:

$$\Delta x_i = m \cdot R \cdot (x_i - x_{ref}) \qquad \text{mit} \quad \mathrm{R} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\phi & \cos\varphi \end{pmatrix} \qquad 5.4.1$$

Hierbei sind **m** und **R** optionale Parameter eines Maßstabs **m** und einer Rotation **φ** in der Rotationsmatrix **R**.

Als stochastisches Modell für die relativen GPS-Beobachtungen kann zum Einen eine Kofaktorematrix mit Varianzfaktoren für die Punktbeobachtungen von einer externen Datei eingelesen werden. Zum Anderen kann als Kofaktormatrix die Einheitsmatrix angegeben werden.

```
…
…
/NPT                                    ;Neupunktblock
        500  9435309.73567  4425268.76625
        501  9434873.51947  4425001.64530

/FPS    0.007 0.07              ;Block mit stochastischen Anschlusspunkten
        121  8626408.68939  5279355.67255  0.000000  0.000000
        140 10672790.81428  4954615.81293  0.000000  0.000000
        142  8427039.16047  4150814.20649  0.000000  0.000000
        144  8628505.40722  4552913.88506  0.000000  0.000000
        202  9992693.03373  4432930.08597  0.000000  0.000000

/GZR                                    ;Block der Zusatzparameter
ROTGLOB       = 0   2  0.00000000       ;Rotation: fest
MASSGLOB      = 0   2  1.00000000       ;Maßstab: fest
SIGLOBCXX     = 8                       ;S0
SIGLOB1       =

/GPR                                    ;Block einer relativen GPS-Session
RELQXX        = C:\…\n2d-b001.V2D       ;Pfad und Name der Kovaktorendatei
        500  9435309.75607  4425268.75699
        202  9992693.03373  4432930.08597

/GPR
RELQXX        = C:\…\n2d-b002.V2D
        500  9435309.75750  4425268.75901
        202  9992693.03373  4432930.08597
…
…
```

Ausschnitt aus einer Netz2D Eingabedatei

5.5. *HEIDI*

HEIDI © Jäger ist ein Programm zur Ausgleichung und Analyse (Planung) klassischer freier oder angeschlossener Höhennetze, für GPS-Netze und GPS-Höhenintegration ins Landesnetz.

Die GPS-Sessions können im Sinne einer strengen GPS-Weiterverarbeitung mit ihren zugehöriger Kovarianzmatrizen eingeführt werden.

Die Kombination einzelner GPS-Sessions (Beobachtungstyp GPS-Höhenunterschied) zu einem ausgeglichenen GPS-Gesamtnetz, erfolgt unter Prüfung des Beobachtungsmaterials mit gleichzeitiger Genauigkeitsbeurteilung der einzelnen Sessions im sog. Sessionzusammenschluss.

Bei einer GPS-Integration können die benötigten, ungefähren Lagekoordinaten entweder aus dem GPS oder aus dem Lagenetz stammen. HEIDI liest eine vorgegebene Anzahl von Koordinaten aus einer bereitzustellenden Datei ein und berechnet daraus die Schwerpunktskoordinaten.

```
Büro E. Messmer / Uni Tübingen / FH-Karlsruhe
Troia,Türkei 7/2000
17.April 2001
2                                       ;Netzausgleichung
 7                                      ;Anzahl der Höhen
  0 1 0.0 0.0 0.0 0.0                   ;terrestrisceh Genauigkeitsparameter
  12 1 2 4.0                            ;Anz. der  Sessions, 1 Int.-Parameter
                                        , a priori + a posteriori Test relevant, S0
        500      69.918606              ;Neupunkt
        202     976.022562
        500      70.069515  0
        501      75.067364  0
        121     538.280960  2  0.007    ;stochastischer Anschlusspunkt, Genauigkeit
        140    1166.263646  2  0.007
        142     126.213368  2  0.007
        144     535.644957  2  0.007
        202     976.022562  2  0.007
   2   0  0.005000                      ;Anz. Punkte, Kovarianzmatrix, S0
troia001.V1D                            ;Name der Kovarianzmatrix
        500      70.069515
        202     976.022562
   2   0  0.005000
troia002.V1D
        500      70.066308
        202     976.022562
…
…
```

Ausschnitt aus einer Heidi Eingabedatei (Höhenintegration mit stochastischen Anschlusspunkten)

6. SKI-PRO

SKI-Pro *„**S**tatisch-**Ki**nematische-**Pro**fessionelle GPS Software für Post-Processing und Verwaltung von GPS Daten“* der Firma Leica, ist zur Unterstützung der Leica GPS-System 500 Hardware entwickelt worden.

6.1. KURZBESCHREIBUNG

Projekt Verwaltung

In der *Projekt Verwaltung* können Projekte angelegt, geöffnet und bearbeitet werden. Zu den Daten eines Projektes gehören alle GPS Daten und deren Verknüpfungen miteinander, Informationen über Zeitzone, Koordinatensystem und Kunden.

Antennen Verwaltung

In der *Antennen Verwaltung* können, ähnlich wie im Phas_IGS der Berner Software, Antennen-Zentrums-Parameter verschiedenen Geräte definiert und bearbeitet werden. Für Leica-Antennen sind diese Informationen bereits enthalten.

GPS-Rohdaten Import

Es können GPS-Rohdaten der Leica GPS-Systeme 200, 300 und 500, sowie RINEX-Daten und Punkte aus der Leica GEO-Datenbank importiert werden.

Präzise Ephermeriden Import

Bahndaten im Sp3-Format können über die Funktion *Eingabe* ⇨ *Präzise Ephermeriden* eingelesen werden.

Ionosphärenmodell einfügen

Daten des Typs CODwwwwd.ION, wie sie auch in der Berner Software Verwendung finden, können im Ordner *.PSI abgelegt werden, wo auch das SKI-Pro Projekt gespeichert ist.

Ausgewertet werden können Einzelpunkte (Single Point Positioning durch Code Processing) und Baselines. Es können *broadcast* oder *precised Ephemeries* verwendet werden. Als *Troposphärenmodelle* stehen Hopfield, Modifiziertes Hopfield Modell, Saastamoinen, sowie Essen und Froome zur Auswahl; es kann auch ganz auf ein Troposphärenmodell verzichtet werden. Bei der Baselineauswertung besteht die Wahl zwischen der Standard (L_1+L_2) - und der Iono-free-fixed-Lösung. Es besteht die Möglichkeit, ein aus Daten des Referenzpunktes berechnetes, oder ein globales *Ionosphärenmodell* zu verwenden; auch kann ganz auf ein Ionosphärenmodell verzichtet oder das Klobuchar Modell verwendet werden.

Es können einzelnen Satelliten ausgeschaltet (Vorsicht: gilt für alle Punkte des Projektes), sowie interaktiv Beobachtungs- und Satellitenfenster für einzelne Beobachtungen gesetzt werden.

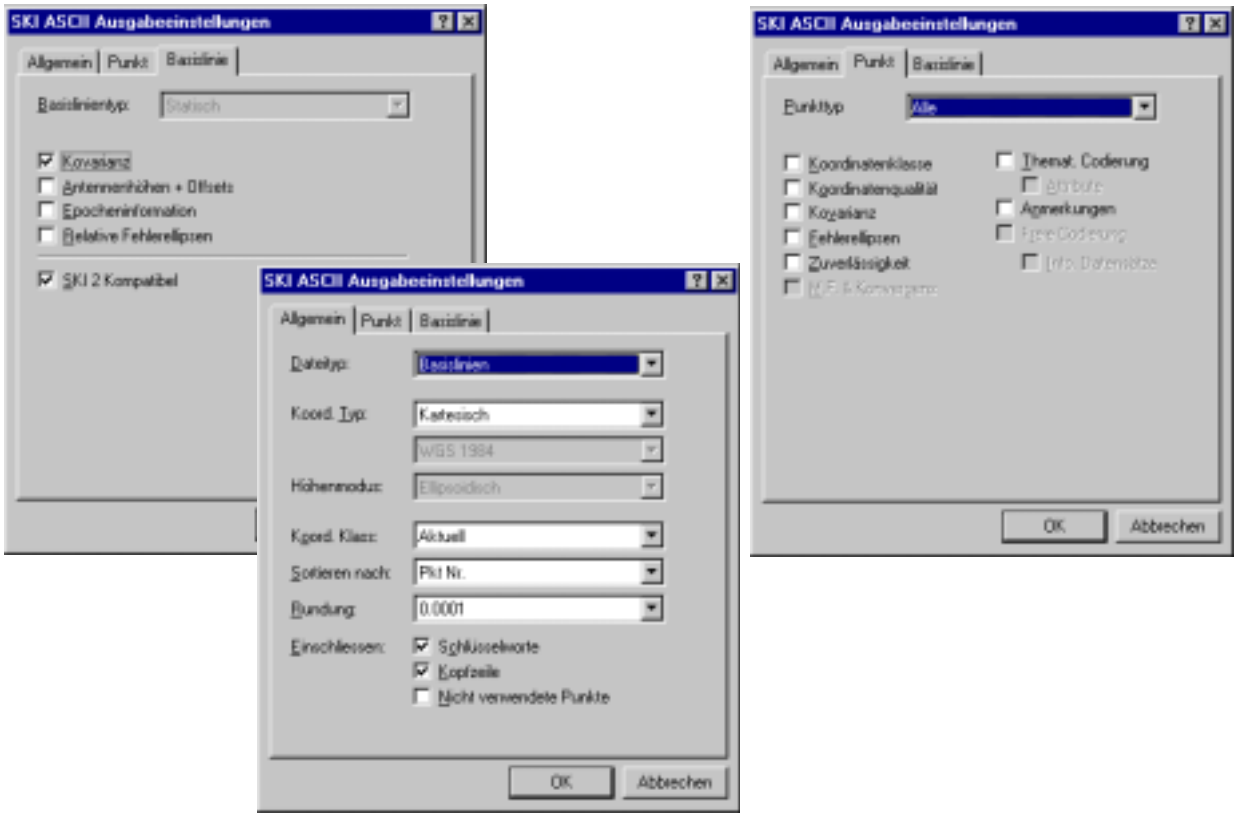
In diesem Menü können die Protokolle der Auswertung angesehen werden. Die im Protokoll darzustellenden Informationen sind vom Nutzer zuvor auszuwählen. Auch die Speicherung der Ergebnisse erfolgt in diesem Menü.

Diese Funktion dient der graphischen Darstellung der Ergebnisse. Einzelne Punkte, oder Ergebnisse (gemessen, gemittelt, Referenz, ...), sowie Baselines können hier gelöscht werden. Weiter ist es möglich, die Eigenschaften der einzelnen Punkte (Koordinaten, stochastische Daten, ...) anzusehen und die Koordinaten eines Punktes zu fixieren.

Hier werden alle Punkte mit ihren Koordinaten und Qualitätsmerkmalen angezeigt. Es können Punkte ausgewählt werden, die beim Auslesen als Koordinaten- oder Baselinedatei verwendet werden sollen.

Export von ASCII Daten

Diese Option ermöglicht das Auslesen von Punkten oder Baselines im ASCII-Format. Sollen die Baselines mit Netz2D weiterverarbeitet werden, sind folgende Einstellungen zu wählen:



6.2. ANWENDUNG

Die Kurzbeschreibung zeigt, dass SKI-Pro dem Anwender einige Optionen bietet, um die Auswertung individuell den Erfordernissen des Projekts anzupassen. Die genauen Berechnungsabläufe legt Leica leider nicht offen, so dass nicht immer ganz klar ist, welche Auswirkungen eine Einstellung auf das Ergebnis haben.

In Troia und Udabno wurden Baselines mit einer Länge von maximal 11 Kilometern mit SKI-Pro ausgewertet. Die Verwendung präziser Ephermeriden wirkt sich bei solch kurzen Baselines nicht signifikant auf das Ergebnis aus (siehe Kapitel 3.3.4 „Orbits“). Versuche erbrachten aber, dass sich die Rechenzeit dadurch erheblich verlängert. Auch durch die Verwendung eines globalen Ionosphärenmodells konnten, wie erwartet, nur sehr geringe Genauigkeitssteigerungen erzielt werden, andererseits waren aber auch kaum Unterschiede in der Rechenzeit festzustellen. Das Messrauschen der ionosphärenfreien Linearkombination L_3 ist deutlich höher, als das der Trägerwellen L_1 und L_2 (siehe Kapitel 3.5.2 „Linearkombinationen“). Bei kurzen Baselines ist daher der L_1/L_2-Lösung, bei Leica als Standard-Lösung bezeichnet, der Vorzug zu geben.

Die Ambiguities werden in SKI-Pro mit der FARA-Methode (fast ambiguity resolution approach) gelöst. Das Qualitätskriterium *ratio* zeigt, dass es sich dabei um eine Realisierung der SEARCH-Strategie handelt (siehe Kapitel 4.8.4.4 „Search-Strategie“). Der *ratio* gibt das Verhältnis zwischen der zweitbesten und der besten Fixierung der Ambiguities an und sollte größer als 1 sein. Das zweite Qualitätskriterium ist der RMS-Wert, die Standardabweichung der Ambiguitielösung - er sollte möglichst klein sein.

Bei den in Troia durchgeführten Messungen konnte SKI-Pro die Phasenmehrdeutigkeiten einzelner Beobachtungen oder Satelliten manchmal nicht lösen. Meist war dies auf temporäre Signalunterbrechungen oder (zu) kurze Beobachtungsdauer zu bestimmten Satelliten zurückzuführen. In der Regel konnte das Problem bei der Ambiguitielösung durch Setzen von Satelliten- und/oder Beobachtungsfenstern gelöst werden.

Alle Punkte wurden unabhängig von zwei verschiedenen Referenzpunkten aus beobachtet. Die Zeitdifferenz zwischen Erst- und Zweitbesetzung sollte dabei eine Stunde nicht unterschreiten. Dies gewährleistet, dass eine bestimmte Satellitenkonstellation das Ergebnis nicht systematisch verfälschen kann. Die Referenzstationen wurden mit ihren, in der Berner GPS Software oder in SKI-Pro berechneten Koordinaten, fixiert.

Die geforderte Differenz zwischen Erst- und Zweitbesetzung von maximal 1 cm in der Lage und 2 cm in der Höhe wurde in den meisten Fällen deutlich unterschritten. Beobachtungen, die diesen Grenzwert überstiegen, sind wiederholt worden.

Abschließend wurden die berechneten Baselines, zu Weiteverarbeitung mit NETZ2D und HEIDI, ausgelesen.

7. PROJEKT TROIA

7.1. EINLEITUNG

Homer schuf den Mythos Troia (altgriechisch Ilios oder Ilion, lateinische Ilium). Seine Werke „*Ilias*“ (um 730 v Chr.) und „*Odyssee*“ (um 700 v Chr.) sind die wohl folgenreichsten der abendländischen Kultur. Die Entführung der Helena, der Zorn des Achilles und das von Odysseus ersonnene „*Troianische Pferd*“ sind weltbekannt und tauchten schon früh in der bildenden Kunst auf.

Was dran ist am Mythos Troia beschäftigt die Wissenschaft seit langem und sorgte für so manche Kontroverse. Heute gilt der Hügel Hisarlik (Kleine Burg) nahe der heutigen Stadt Canakkale, im Nordwesten der asiatischen Türkei, als Schauplatz der Troianischen Kriege. Der Engländer ***Frank Calvert*** war der erste, der an dem Ort, rund 4,5 km südlich der Dardanellen (Hellespont) und etwa 6 km östlich der Ägäischen Küste, 1865 bis 1868 kleinere Grabungen durchführte. 1871 bis 1890 suchte ***Heinrich Schliemann*** auf dem Hügel in der Troas nach den, in der Ilias besungenen, Schauplätzen. Nach dem Tod Schliemanns führte sein Mitarbeiter, der Architekt ***Wilhelm Dörpfeld,*** die Arbeiten noch bis 1894 weiter. 1932 bis 1938 untersuchte ***Carl William Blegen*** von der Universität Cincinnati (USA) den Hügel zwischen den Flüssen Skamander (Menderes) und Simoeis (Dümrek).

Seit 1988 forscht ein internationales Team von Wissenschaftlern, unter der Leitung von ***Manfred Korfmann***, am Hisarlik. In den Schichten Troia I – IX unterscheidet man heute 47 Siedlungsphasen. Die älteste Schicht (Troia I) wird auf 2920 – 2400 v. Chr. datiert und war kaum mehr als ein Dorf. Die Siedlung wurde mehrfach zerstört, doch die Bewohner errichteten auf den Trümmern beharrlich neue Städte (Troia II – IX) rund 3500 Jahre lang. So wuchs langsam der Hisarlik. Troia VI (1700 – 1250 v. Chr.) wird heute als der von Homer besungenen Ort angenommen.

Als Grund für den zeitweiligen Reichtum und die Macht der Stadt wird heute vor allem seine strategisch günstige Lage angesehen. Der stetig steif aus Nordosten wehende Wind, machte den kiellosen Schiffen, die damals noch nicht gegen den Wind kreuzen konnten, die Einfahrt in die Dardanellen - zumindest die meiste Zeit des Jahres - unmöglich. Sie mussten in der Beşik-Bucht, unweit von Troia vor Anker gehen und dort auf günstigen Wind warten, oder ließen die Waren über Land transportieren. In jedem Fall dürften sie von den Bewohnern Troias zur Kasse gebeten worden sein. „*Der Wind brachte Troia den Reichtum*“ steht daher heute, vielsprachig auf den Bannern an der Zufahrtstraße zur Grabungsstädte. Erfolg und Reichtum fordern allerdings auch Neid und Eroberungsgelüste heraus. Die Festungsmauern wurden nicht ohne Grund 15 mal verstärkt. Mit einiger Wahrscheinlichkeit gab es nicht einen, sondern viele Troianische Kriege.

In jüngster Zeit wird neben dem Burghügel verstärkt nach und in der Unterstadt, südlich der Festung, geforscht. Dort hat wohl, zu Füßen der Burg, das „gewöhnliche“ Volk gewohnt. Da die Unterstadt zu groß ist um sie in ihrer Ganzheit auszugraben, wird dieser Teil Troias in erster Linie mit Mitteln der Geophysik erforscht. Geophysiker messen minimale Schwankungen im Magnetfeld der Erde. Auf Grund spezifischer Eigenschaften verschiedener Materialien lassen die Magnetogramme Rückschlüsse über das zu, was im Boden verborgen liegt. Die Archäologen

wählen auf Grundlage dieser Daten vielversprechende „Schnitte“ aus, um in einer Art Stichprobe ihre Vermutungen zu bestätigen oder zu revidieren.

Die 1997 (wieder)entdeckte Quellhöhle, 200 m südlich der Burgmauer, wird von den Troiaforschern als Indiz dafür gesehen, dass Troia auch mit Wilusa, einem Vasallenstaat der Hethiter, identisch ist. Durch Methoden der Radiometrie konnte das Tunnelsystem auf Anfang des 3. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung datiert werden, in die Epoche von Troia I – III. Die Höhle wird der Gottheit „*Kaskal.Kur*“ (Weg in die Unterwelt) zugeordnet, die bei der Schließung des Staatsvertrages zwischen dem hethitischen Großkönig Muwatalli II und dem König Alaksandu von Wilusa, um 1280 v. Chr., angerufen wurde.

Neben Archäologen forschen in Troia heute viele Wissenschaftler aus unterschiedlichen Fachgebieten: Antropologen, Archäobotaniker, Archäozoologen, Geologen, Geophysiker, Paläontologen, ... Dies macht deutlich, dass das Aufspüren von Zusammenhängen zunehmend an Bedeutung gewinnt. Zu den Forschungszielen gehört heute auch die Erforschung der damaligen Handelsrouten. Es gibt Hinweise dafür, dass die Troianer Waren und Rohstoffe nicht nur aus den Gebieten der heutigen Türkei, Griechenland und Italien, sondern auch aus dem Schwarzmeerraum bekamen.

[Wackenmuth, Eck 1994; Ebert, Pflaum, Romberg 1995; Mersi, Ströbele 1996; Baedecker 1997; Korfmann 2000]

Ungefähre Lage von Troia

7.2. MOTIVATION UND AUFGABENSTELLUNG

Die lokalen Grabungsnetze stellen Insellösungen dar, die es erschweren die räumlichen Zusammenhänge zwischen einzelnen Fundstellen zu erkennen. Durch die Verknüpfung Troias mit wichtigen Grabungen in der unmittelbaren Umgebung ist es in Zukunft möglich alle Fundstellen in einem einheitlichen System darzustellen. Die Anbindung an das ITRF ermöglicht darüber hinaus die Darstellung der Ergebnisse im internationalen Zusammenhang, erleichtert die Einbindung georeferenzierter Daten aus anderen Quellen und erlaubt die Wiederherstellung zerstörter Grabungsnetze mit hoher Genauigkeit. Die Anbindung Troias an türkische Festpunkte ermöglicht die einfache Einbindung von Daten der türkischen Landesvermessung in die bestehenden Forschungsergebnisse. Die geodätische Vermessung der Quellhöhle „*Kaskal.Kur*“ eröffnet die Möglichkeit sie besser im räumlichen Gesamtzusammenhang Troias zu betrachten.

Im Detail waren folgende Leistungen zu erbringen:

- Das lokalen troianischen Grabungsnetzes – im Dörpfeldsystem – sollte ins ITRF97 eingeschaltet werden.
- Die lokalen Grabungsnetze am Beşik Sivritepe, Beşik Yassitepe und Kumtepe waren an das troianische Netz anzubinden und die Netze durch dauerhaft stabile Festpunkte zu ergänzen, soweit die Vorhandenen nicht ausreichten.
- Am Aquädukt (türk.: Kemedere), dem Hasan Paşa und der Neolitischen Siedlung (Çiplak) sollten neue Netze geschaffen, beobachtet und an das troianische Netz angebunden werden.
- Einige türkische TP waren an das troianische Grabungsnetz anzubinden. Die Anbindung türkischer Höhenpunkte an das troianische Grabungsnetz konnte leider nicht realisiert werden, da entsprechende Daten von türkischer Seite nicht freigegeben wurden.
- Die Quellhöhle „*Kaskal.Kur*“ sollte geodätisch vermessen werden.
- Darüber hinaus wurde ein allgemeiner geodätischer Service für Archäologen, Geophysiker und Geologen geleistet.

Geologische Untersuchungen nahe Troia

7.3. NETZMESSUNG

7.3.1. VORGEFUNDENE SITUATION

Für die nunmehr 14 Jahre andauernden Forschungen in Troia ist, mit der Zeit, eine umfassende Infrastruktur aufgebaut worden: Grabungshaus, Kantine und Grabungsdorf boten einen, nicht erwarteten, Komfort. Wohingegen die große Hitze, mit Temperaturen von bis zu 45°C im Schatten, Mensch und Material zu schaffen machten.

Die Messgebiete boten bezüglich vorhandener bzw. zu schaffender Vermarkung, sowie der Topographie sehr unterschiedliche Voraussetzungen. Diese sollen im folgenden kurz skizziert werden. (Netzskizzen siehe Kapitel 7.3.4.24 „Koordinaten“ ab Seite 168.)

In ***Troia*** besteht ein 34 Punkte umfassendes Grabungsnetz. Das Koordinatensystem basiert auf dem Grabungsnetz von Schliemann / Dörpfeld aus den Jahren 1871-1894. Den Höhenbezug bildet der *Propylon IIC* (Punkt 100001) mit seiner Höhe im Dörpfeldsystem. Das Netz wurde 1987-1988 von Dipl. Ing. E. Messmer geschaffen und in den Diplomarbeiten Wackenhuth / Eck 1994 und Mersi / Ströbele 1996 überprüft und erweitert. Alle Punkte sind solide als tiefgründige Betonpunkte vermakt; ein Nagel markiert das Zentrum. Die gute Dokumentation mit Einmessungsskizzen für alle Punkte ermöglicht eine zweifelsfreie Identifizierung. Neben den Festpunkten existiert eine große Zahl betonierter Rasterpunkte.

Die Grabungen ***Beşik Sivritepe, Beşik Yassitepe*** und ***Kumtepe*** haben vom troianischen System unabhängige Grabungsnetze.

Das Netz am ***Beşik Sivritepe*** besteht aus 24 betonierten Rasterpunkten, es wurde zuletzt 1998 genutzt. Das Zentrum der Punkte ist mit ca. 2 x 2 cm Kanthölzer markiert, in die Nägel geschlagen sind. Die Kanthölzer ragen einige Zentimeter aus dem Beton hervor. Es konnten neun Punkte gefunden werden, ein weiterer Punkt konnte als offensichtlich zerstört identifiziert werden. Die gefundenen Punkte waren äußerlich unversehrt, bei einigen waren die Kanthölzer abgebrochen, das Nagelloch war aber noch gut erkennbar. Es bestand keine Nummerierung der Punkte, auf Grund der vorliegenden Unterlagen konnten sie jedoch identifiziert werden.

Am ***Beşik Yassitepe*** besteht ein Netz aus mehreren betonierten Festpunkten sowie einer großen Anzahl betonierter oder verpflockter Rasterpunkte. Gemessen wurde das Netz von Herrn Adren Salca. Die neuesten mir vorliegenden Unterlagen stammen aus dem Jahr 1986. Es konnten fünf Punkte gefunden werden, bei mindestens Einem müssen Zweifel an der unveränderten Lage angemeldet werden. Die Festpunkte waren nummeriert, die Koordinaten konnten nur von einigen in Erfahrung gebracht werden. Die Rasterpunkte waren nicht nummeriert, die Koordinaten gehen aus den Unterlagen hervor. Die eindeutige Zuordnung erweis sich als schwierig. Es wurden zwei zusätzliche Betonpunkte geschaffen.

Das Netz am ***Kumtepe*** besteht aus einem Betonpunkt, des weiteren fanden wir vier Pflöcke. Es wurde für die Grabungen zwischen 1992 und 1995 angelegt. In der Diplomarbeit Mersi / Ströbele 1995 wurde die Höhe von einem ca. 2,5 km entfernt liegenden türkischen Festpunkt trigonometrisch und durch geometrisches Nivellement übertragen. Die Pflöcke sind Rasterpunkte mit bekannten Koordinaten und konnten eindeutig identifiziert werden. Die unveränderte Lage der Pflöcke zu beurteilen war schwierig und konnte erst in den späteren Berechnungen zweifelsfrei nachgewiesen werden. Der vorhandene Betonpunkt liegt unter einem Baum, konnte von daher nicht mit GPS besetzt werden. Es wurde ein zusätzlicher Betonpunkt geschaffen, als Anschlusspunkte für die spätere Aufnahme wurde außerdem ein ca. 250 m entfernt liegender TP genutzt.

GPS-Messung am Aquädukt (Kemedere)

Die Netze am ***Aquädukt (Kemedere),*** dem ***Hasan Paşa*** und der ***Neolitischen Siedlung (Çiplak)*** mussten neu geschaffen werden.

Bei der Schaffung des Netzes am ***Aquädukt (Kemedere)*** erwies sich die Topographie als große Herausforderung. Das Aquädukt überspannt eine in Ost-West-Richtung verlaufende ca. 40 m tiefe und 20 m breite Schlucht. Die Hänge sind steil und zu großen Teilen bewaldet. Neben der Schwierigkeit geeignete Stellen für eine GPS-Besetzung zu finden, verlangte die Vermarkung der Punkte nach kreativen Lösungen. Der felsige Untergrund und die schwer zugängliche Topographie machten die Schaffung von Betonpunkten unmöglich. Vermessungsbolzen bzw. Nägel, die geeignet gewesen wären in den Fels eingebracht zu werden, waren ebenfalls nicht vorhanden. So wurden Löcher in den Fels gebohrt und mit einem Kreuz aus rotem Nagellack markiert. Insgesamt wurden 3 Punkte geschaffen.

Die Ruine des ***Hasan Paşa*** liegt in einer Ebene, die umliegende Vegetation besteht vor allem aus Getreidefeldern. Die 3 neuen Betonpunkte wurden auf den breiten Ackerrainen angelegt.

Die Reste der ***Neolitischen Siedlung (Çiplak)*** sind unter Getreideäckern verborgen. Die drei neuen Punkte wurden ebenfalls auf den Ackerrainen angelegt.

Die ***TP*** sind als Pfeiler vermarkt. Nicht alle Pfeiler standen lotrecht, was vermuten lässt, dass sich einige nach ihrer Fertigstellung geneigt haben. Die Gewinde zum Aufschrauben des Dreifußes waren in den meisten Fällen stark korrodiert, was größte Vorsicht beim Anbringen der Instrumente verlangte. Das Aufschrauben wurde zusätzlich dadurch erschwert, dass der Dreifuß über die Gewindeplatte hinausragte. Das Messen der Instrumentenhöhe gestaltete sich schwierig, da die Pfeileroberseite nicht eben war. Die Punktnummern waren in roter Farbe auf die Pfeiler geschrieben, Einmessungsskizzen lagen nicht vor.

7.3.2. MESSUNG

Die geodätischen Arbeiten, der unter Prof. Dr. Korfmann durchgeführten archäologischen Ausgrabungen in Troia, werden vom ***Vermessungsbüro E. Messmer*** durchgeführt. Die ersten Arbeiten führte Dipl. Ing. E. Messmer persönlich durch, später vergab er sie an Diplomanten. Auch die vom 19. Juni bis 29. Juli 2000 durchgeführten Messungen für diese Diplomarbeit wurden vom Büro E. Messmer initiiert. Aktiv unterstützt wurde ich bei den Messungen von der angehenden Architektin Katharina Peisker.

Für die Arbeiten in Troia standen drei geodätische GPS-Empfänger (zwei Leica AT-302/SR9500, ein Leica SR399Intern) des Büros E. Messmer und ein Tachymeter (Leica TCR 705) der Universität Tübingen zur Verfügung.

Die Netzmessung setzte sich aus mehreren Arbeitsschritten zusammen, die im folgenden kurz skizziert werden sollen.

7.3.2.1. ITRF-PUNKTEINSCHALTUNG

Zur Berechnung der ITRF-Punkteinschaltung wurde am 12.07. / 13.07.2000 auf zwei Punkten des troianischen Netzes 24 Stunden-Messungen durchgeführt. Die Punkte 100005 und 100027 wurden dafür aus folgenden Gründen ausgewählt:

- Sie hatten sich zuvor als Referenzpunkte bewährt, vor allem hat sich gezeigt, dass auf diesen Punkten keine Abschattungen oder Cycleslips auftraten.
- Auf den Punkten konnten die Instrumente vor Diebstahl und Manipulation durch Unbefugte (z.B. Besucher der Grabung) als Sicher angesehen werden.
- Auf Punkt 100027 konnte die Stromversorgung durch einen Netzanschluss gesichert werden, auf Punkt 100005 konnten die Akkus optimal durch Solarzellen unterstützt werden.

Zur Kontrolle wurden beide Punkte am 22.07. / 23.07.2000 abermals 24 Stunden lang besetzt.

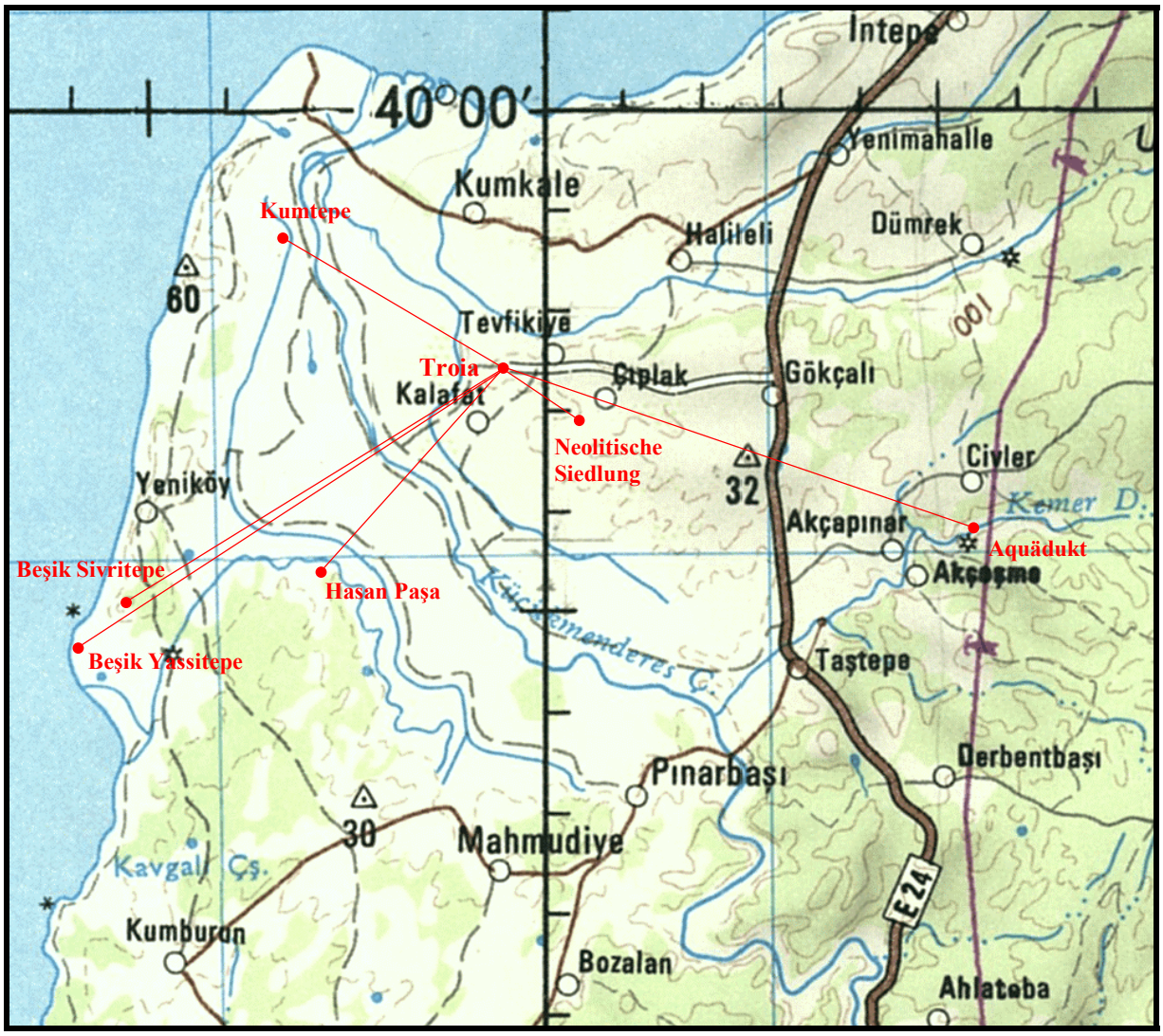
GPS-Messung in Troia

7.3.2.2. ANBINDUNG DER NETZE

Ausgehend von den ITRF-Punkten erfolgte die Anbindung von zwei bis vier Netzpunkten pro Messgebiet. Bei der Auswahl der Punkte spielten drei Aspekte eine Rolle:

- Die „GPS-Fähigkeit“ der Punkte.
- Die Qualität der Vermarkung, insbesondere mussten die Höhenablesung zuverlässig wiederholbar sein.
- Die Eignung zur anschließenden Aufnahme weiterer Netzpunkte.

Um möglichst zuverlässige Ergebnisse zu erhalten wurde die Beobachtungszeit mit 60 Minuten und die Trackingrate mit 15 Sekunden festgelegt.



Übersichtsplan: Netzanbindung

7.3.2.3. LOKALE MESSUNGEN

Im letzten Schritt wurden, ausgehend von den zuvor bestimmten Punkten, weitere Punkte und Topographie aufgenommen. Dies erfolgte - abhängig von den Gegebenheiten des Messgebietes - terrestrisch, mit GPS oder mit beiden Verfahren.

Zu Beginn der Arbeiten in ***Troia*** war eine Erweiterung des Netzes nach Süden hin vorzunehmen. Die „*Netzerweiterung Süd*“ diente der Schaffung von Festpunkten für die Absteckung von „Schnitten“ und Rasterpunkten für die geomagnetische Prospektion zur Erforschung der Unterstadt. Da die GPS-Ausrüstung zu diesem Zeitpunkt noch beim türkischen Zoll war, wurden diese Arbeiten terrestrisch durchgeführt.
Zu einem späteren Zeitpunkt sind alle GPS fähigen Punkte im Rapid-Static-Verfahren aufgenommen worden. Damit sollte gewährleistet werden, dass in jedem Fall ausreichend viele Punkte für die Transformation zwischen Dörpfeld und ITRF97 zur Verfügung stehen.

Am ***Beşik Sivritepe*** konnten nicht alle gewünschten Punkte mit GPS aufgenommen werden. Auch stellte die terrestrische Aufnahme in diesem kleinen Messgebiet das schnellere Verfahren dar. Die Vegetation erforderte die Wahl zweier freier Standpunkte. Der Tachymeter war während des Transports erheblichen Erschütterungen ausgesetzt, von daher erschien eine Messung in zwei Lagen angebracht – dies gilt für alle terrestrischen Messungen.

Die Situation am ***Beşik Yassitepe*** erforderte der Einsatz sowohl von GPS, als auch des Tachymeters. Die beiden neuen Betonpunkte, sowie ein erst später gefundener Holzpflock, wurden mit dem Rapid-Static-Verfahren bestimmt, da dies bei den hohen Temperaturen und recht langen Zielweiten zuverlässiger erschien. Die Höhenbezugsfläche der Grabung, das Fundament eines kleinen Leuchtturms, wurde terrestrisch aufgenommen. Außerdem sind zwei Eckpunkte der Gitterkonstruktion des Leuchtturms terrestrisch aufgenommen worden. Als Referenzpunkte sind die neuen Betonpunkte verwendet worden. Alle im Zuge der Netzanbindung bestimmten Punkte und der Holzpflock wurden im Rapid-Static-Verfahren besetzt. Auch die Aufnahme des Leuchtturms erfolgte von den neuen Betonpunkten aus.

Am ***Kumtepe*** wurden der alte Betonpunkt sowie die vier Holzpflöcke terrestrisch bestimmt. Ein großer Baum machte den Einsatz von GPS unmöglich. Der etwa 250 m entfernte TP war auf Grund der starken Refraktionen für die Höhenbestimmung ungeeignet.

Beim ***Aquädukt (Kemedere)*** waren bei der Berechnung des tief in der Schlucht platzierten Punktes große Höhendifferenzen aufgefallen. Er wurde daher über eine lokale GPS Messung bestimmt, wobei alle drei Netzpunkte simultan ca. 2½ Stunden lang besetzt wurden, um später im Datenmaterial geeignete Fenster für eine Berechnung zu suchen. Anschließend wurde terrestrisch die Höhe des Aquädukts bestimmt.

Ausgehend von den Netzpunkten erfolgte die terrestrische Aufnahme des ***Hasan Paşa***. Dabei wurden die Winkel direkt auf die Ecken der Ruine gemessen, die Streckenmessung erfolgte Reflektorlos, wobei mehrere Messungen auf unterschiedliche Punkte ausgelöst und die Strecken anschließend gemittelt wurden.

Beim Netz der ***Neolitischen Siedlung (Çiplak)*** waren keine zusätzlichen Messungen erforderlich.

7.3.3. AUSWERTUNG

Die Auswertung erfolgte analog zu den Messungen mehrstufig, und nach Lage und Höhe getrennt. Die Ergebnisse der vorhergehenden Berechnung dienten dabei jeweils als Grundlage für die weitere Auswertung. Alle wesentlichen Berechnungen wurden bereits am Tag der Messung durchgeführt, um etwaige Fehler im Datenmaterial aufzuspüren. Die ITRF-Punkteinschaltung und die daran anschließende endgültige Auswertung erfolgte an der Fachhochschule Karlsruhe.

Nachstehend eine kurze Zusammenfassung des Mess- und Auswerteablaufs:

Auswerte Ablauf	→					
Messgebiet	**ITRF - Punkt-Einschaltung**	**Anbindung der Netze**	**Lokale GPS Messungen**	**Höhen-Umrechnung**	**Lokale terr. Messungen**	**Transfor-mation**
Troia	2 Punkte		16 Punkte	18 Punkte	4 Punkte[1)]	18 id. Punkte
Beşik Sivritepe		4 Punkte		4 Punkte	5 Punkte	9 id. Punkte
Beşik Yassitepe		4 Punkte	3 Punkte	7 Punkte	4 Punkte	2 id. Punkte[2)]
Kumtepe		2 Punkte		2 Punkte	5 Punkte	4 id. Punkte
Aquädukt		2 Punkte	1 Punkte	3 Punkte	Aquädukthöhe	3 id. Punkte
Hasan Pasa		3 Punkte		3 Punkte	Ruine	3 id. Punkte
Neolitische Siedl.		3 Punkte		3 Punkte		3 id. Punkte
TP		7 Punkte		7 Punkte		7 id. Punkte

Übersicht über den Auswerteablauf

7.3.3.1. KOORDINATENBERECHNUNG

ITRF-Punkteinschaltung

Im ersten Schritt sind mit der Berner GPS-Software 4.2 die Punkte 100005 (TROI) und 100027 (TROA) ins ITRF97 eingeschaltet worden. Die Auswertung erfolgte sowohl mit der QIF-, als auch mit der SIGMA-Strategie. Beide Strategien wurden mit elevationsabhängig gewichteten und nicht gewichteten Beobachtungen berechnet (siehe Kapitel 4 „Berner GPS Software“). Für jede Berechnung wurde eine eigene Kampagne angelegt, dies diente dazu, die Auswertungen absolut unabhängig und die Dokumentation besser nachvollziehbar zu machen. Insgesamt wurden die Daten also viermal unabhängig ausgewertet. In GPSEST erfolgte die Auswertung sowohl baseline- als auch sessionweise. Die endgültigen Koordinaten sind mit ADDNEQ berechnet worden.

Die qualitative Überprüfung der BS-Ergebnisse erfolgte mit GPS3D (siehe Kapitel 5 „Qualitätskontrolle“). Es konnte nachgewiesen werden, dass die *sessionweise QIF-Auswertung mit elevationsabhängig gewichteten Beobachtungen* das beste Ergebnis erbrachten. Die ADDNEQ-Koordinaten dieser Auswertung wurden daher für alle weiteren Berechnungen angehalten.

Abschließend erfolgte eine weitere Qualitätskontrolle mit NETZ2D und HEIDI (siehe Kapitel 5 „Qualitätskontrolle“). Diese diente in erster Linie zur realistischen Abschätzung der erreichten Genauigkeit. Die Ergebnisse belegen, dass eine Lagegenauigkeit von besser als 4 mm und eine Höhengenauigkeit von besser als 6 mm erzielt wurde. Ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis.

1) Im Zuge der Netzerweiterung -Süd, zu Beginn der Messkampagne in Troia

2) Zuordnung identischer Punkte schlug fehl (siehe 7.2.4.22 „Helmert Transformation Beşik Sievritepe → Beşik Yassitepe“)

Netzanbindung und lokale GPS-Messungen

Die ADDNEQ-Koordinaten der sessionweise QIF-Auswertung mit elevationsabhängig gewichteten Beobachtungen der Punkte 100005 und 100027 wurden in SKI-Pro eingeführt und fixiert. Ausgehend von diesen Punkten, die auch Referenzpunkte für die GPS-Netzanbindungen und die GPS-Messungen in Troia waren, erfolgte die Baselineauswertung mit der Leica-Software (siehe Kapitel 6 „SKI-Pro“).

Im ersten Schritt erfolgte die Anbindung der lokalen Netze in der Troas und der türkischen TP an das troianische Netz. Alle Beobachtungen sind bereits am Tag der Messung mit SKI, NETZ2D und HEIDI ausgewertet worden. Beobachtungen, die den Qualitätsanforderungen nicht genügten wurden wiederholt. Solche Messungen wurden von der endgültigen Auswertung ausgeschlossen. Es ist eine L_1/L_2 (Standard) –Lösung unter Verwendung eines globalen Ionosphärenmodells berechnet worden. Bei einigen Beobachtungen war das Setzen von Beobachtungs- und/oder Satellitenfenstern notwendig. Die geforderte maximale Differenz zwischen Erst- und Zweitbesetzung, von 1 cm in der Lage und 2 cm in der Höhe, ist in den meisten Fällen deutlich unterschritten worden.

Anschließend erfolgte jeweils die Netzausgleichung nach Lage und Höhe getrennt mit NETZ2D und HEIDI. Die Lagekoordinaten wurden dabei im Gauß-Krüger-System, auf dem WGS84-Ellipsoid, bezogen auf den 27°-Meridian berechnet. Die Anschlusspunkte sind stochastisch, mit einer Genauigkeit von 4 mm (NETZ2D) bzw. 6 mm (HEIDI), festgehalten worden. Da die Genauigkeit bei der GPS-Auswertung zu optimistisch geschätzt wird, wurde mit Varianzkomponentenschätzung der Faktor S_0 bestimmt, um eine realistische Genauigkeitsabschätzung zu erhalten. Die erreichte Genauigkeit ist durchweg sehr zufriedenstellend, sie liegen sowohl in der Lage, als auch in der Höhe in den meisten Fällen deutlich unter 1 cm. Einzig am Kumtepe liegt die Höhengenauigkeit leicht über der 1 cm-Marke, aber auch dies erfüllt die Ansprüche noch sehr gut.

Ausgehend von den so bestimmten Punkten wurden die lokalen GPS-Messungen in Troia, am Beşik Yassitepe und am Aquädukt ebenfalls mit SKI-Pro Ausgewertet und mit NETZ2D und HEIDI ausgeglichen. Die Vorgehensweise entspricht der zuvor bei der Netzanbindung beschriebenen, die Genauigkeit der Anschlusspunkte wurde aus der vorhergehenden Ausgleichung entnommen.

Lokale terrestrische Messungen

Abschließend wurden die terrestrischen Messungen am Beşik Sivritepe, Beşik Yassitepe, Kumtepe, Aquädukt und Hasan Paşa ausgewertet. Die Höhen wurden zuvor ins troianische System umgerechnet (siehe Kapitel 7.3.3.2 „Höhenumrechnung“). Die Satzmessungen wurden in einer selbstgeschriebenen Excel-Tabelle gemittelt, auch die Berechnung der Näherungshöhen erfolgte auf diese Weise. Die Richtungen und Strecken wurden mit NETZ2D, die Höhendifferenzen mit HEIDI ausgeglichen. Die Ruine des Hasan Paşa wurde nur nach der Lage-, die Messung der Aquädukthöhe nur nach der Höhe ausgewertet. Auch bei den Punkte des Leuchtturms am Beşik Yassitepe war es sinnvoll die Fundamenthöhe getrennt von der Lage des Stahlgitterrahmens zu berechnen. Die zuvor mit GPS bestimmten Punkte wurden als stochastische Anschlusspunkte mit ihrer ermittelten Genauigkeit angehalten.

Die terrestrischen Messungen für die *Netzerweiterung Süd* wurden bereits in Troia mit NETZ2D und HEIDI berechnet. Die Berechnungen erfolgten, anders als bei allen zuvor beschriebenen Schritten, im Dörpfeldsystem.

7.3.3.2. HÖHENUMRECHNUNG

Mit GPS bestimmte Punkte haben ellipsoidische Höhen, diese sind als Gebrauchshöhen ungeeignet (siehe Kapitel 3.8 „Höhenbezugssysteme“). Von Punkt 100001 (Propylon IIC) des troianischen Netzes ist die Höhe im türkischen Landessystem bekannt. Wichtiger als dieser Höhenbezug ist jedoch die Konsistenz innerhalb der Grabungsunterlagen. Daher wurde bei der Schaffung des Netzes 1987 - 1988, die von Dörpfeld für diesen Punkt ermittelte Höhe als Bezugshöhe für das gesamte Netz angenommen (siehe Wackenhuth, Eck 1994). Am Kumtepe wurde 1995 von Mersi und Ströbele der Höhenbezug zum türkischen Höhensystem hergestellt. Dies war die einzig adäquate Möglichkeit einen sinnvollen Grabungshorizont zu schaffen. An den direkt an der Ägäischen Küste liegenden Fundstellen Beşik Yassitepe und Beşik Sivritepe ist der Höhenbezug über einen Pegel hergestellt worden (siehe Grabungsbericht Beşiktepe – Vermessung 1985).

Die Distanz zwischen den Messgebieten Beşik Yassitepe und Aquädukt (Kemerde), den am weitesten voneinander entfernt liegenden Fundstellen beträgt gut 20 Kilometer, eine Approximation der Höhenbezugsfläche als Ebene war daher ausgeschlossen. Der „*Standard Ansatz*“ konnte auch nicht angewandt werden, da von türkischer Seite keine Informationen über Höhenfestpunkte zu bekommen waren. Einziger praktikabler Lösungsansatz war daher der „*Reine Geoidansatz*“. Eine Datumsanpassung konnte aber aus bereits genantem Grund nicht vorgenommen werden.

An alle mit GPS bestimmten Punkte wurden die Geoidundulationen der Geoidmodelle EGM96 und EGG97 angebracht (siehe Kapitel 7.3.4.12 „Berechnung der Geoidumdulation“). Anschließend ist die Differenz zwischen den bisherigen Höhen der Punkte des troianischen Netzes und den ermittelten orthometrischen Höhen berechnet worden. Es konnte eine leichte Kippung in Nord-West-Richtung festgestellt werden. Die im lokalen troianischen Netz berechnete Kippung auf die Netze in der Troas zu extrapolieren, hätte gegen den Vermessergrundsatz „vom Großen ins Kleine“ verstoßen und wurde daher unterlassen. Statt dessen wurde die am Punkt 100001 (Propylon IIC) aufgetretene Differenz als „Shift“ an alle Höhen angebracht. Die Höhen der troianischen Punkte sind beibehalten worden. So ist sichergestellt, dass auch zukünftig alle Höhen zu den Ergebnissen früherer Messungen konsistent sind.

Die Gegenüberstellung der auf Grundlage des EGM96 und des EGG97 ermittelten Höhen weisen Differenzen von + 7,5 bis – 5,5 cm auf. Dies ist in erste Linie auf die nicht berücksichtigten Datumseffekte zurückzuführen. Als endgültiges Ergebnis wurden die auf Basis des EGG97 ermittelten Höhen angenommen, da dieses Geoidmodell etwas genauer ist.

7.3.3.3. TRANSFORMATIONEN

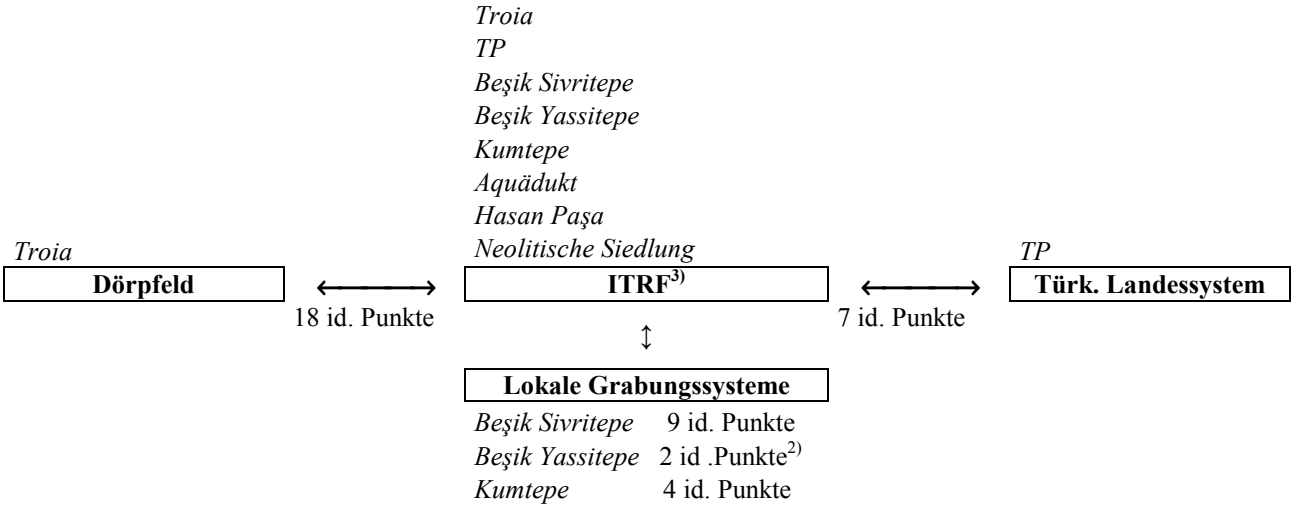
Nach Abschluss der Koordinaten- und Höhenberechnungen lagen für jedes Messgebiet eine Anzahl von Punkten mit Koordinaten im ITRF97 vor.

Das in ***Troia*** bestehende Dörpfeldsystem soll auch in Zukunft als Grundlage für die Dokumentation der Ausgrabungen dort dienen. Geplante Animationen und GIS-Anwendungen sollen aber im ITRF erfolgen. Für die Helmert-Transformation zwischen Dörpfeld und ITRF97[3)] standen 18 identische Punkte zur Verfügung.

An den Fundstellen ***Beşik Sivritepe***, ***Beşik Yassitepe*** und ***Kumtepe*** bestehen lokale Grabungssysteme. Weitere Forschungen sind dort in näherer Zukunft nicht geplant. Die Ergebnisse der bereits durchgeführten Grabungen können aber in eine Animation oder ein GIS eingebunden werden. Für die dazu notwendigen Transformationen zwischen den lokalen Systemen und dem ITRF97[3)] standen am Beşik Sivritepe neun und am Kumtepe vier identische Punkte zur Verfügung. Die Transformation am Beşik Yassitepe konnte leider nicht durchgeführt werden, da die Punkte im ITRF97 nicht mit ausreichender Sicherheit den Punkten im lokalen System zugeordnet werden konnten (siehe 7.2.4.22 „Helmert Transformation Beşik Sievritepe → Beşik Yassitepe“).

Das ***türkische Landessystem*** hat insbesondere für die Geologen eine große Bedeutung. Sie haben in den zurückliegenden Jahren weit über 100 Kernbohrungen in der Troas durchgeführt. Diese sind, in Ermangelung geeigneter geodätischer Instrumente, auf Ackergrenzen und Topographie bezogen worden. Nach einer Flurbereinigung ist die Mehrzahl dieser Bezugspunkte nicht mehr vorhanden. Durch Einbinden von (alten) Katasterplänen in ein GIS könnte auch diesen Punkten ITRF97-Koordinaten zugewiesen werden. Für die Transformation zwischen dem türkischen Landessystem und dem ITRF97[3)] standen sieben identische Punkte zur Verfügung.

Nachstehend eine kurze Übersicht über die Koordinatensysteme und die vorgenommenen Transformationen. Die Berechnungen wurden mit L2TRANS © GIK vorgenommen:



Übersicht über die Koordinatensysteme

2) Zuordnung identischer Punkte schlug fehl (siehe 7.2.4.22 „Helmert Transformation Beşik Sievritepe → Beşik Yassitepe“)
3) Gauß-Krüger Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian

7.3.4. ERGEBNISSE

7.3.4.1. ITRF-PUNKTEINSCHALTUNG

Übersichtskarte

Baselineübersicht: ITRF-Einschaltung Troia (Skizze)

Verwendete IGS Stationen

Stationsbezeichnung (Nr.)		**Stationsname**	**Receiver**	**Antenne**
ANKR	(202)	Ankara, Türkei	AOA SNR-8000 ACT	AOAD/M_T
GRAZ	(121)	Graz, Österreich	Rogue SNR-8000	AOAD/M_T
MATE	(144)	Matera, Italien	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
NOTO	(142)	Noto, Italien	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
RAMO	(215)	Mitzpe Ramon, Israel	Ashtech Z-XII3	ASH701945B_M
ZECK	(140)	Zelenchukskaya, Russland	Rogue SNR-8000	AOAD/M_T
TROI	*(500)*	*Troia 100005, Türkei*	*Leica SR 399*	*LEISR399_INT*
TROA	*(501)*	*Troia 100027, Türkei*	*Leica SR9500*	*LEIAT302-GP*

Ergebnisse aus CODSPP:

Station	**195**		**205**	
	RMS *m*	**Bad Obs.** *%*	**RMS** *m*	**Bad Obs.** *%*
ANKR	1,20	3,49	1,25	3,85
GRAZ	1,42	2,82	2,11	9,58
MATE	1,08	0,00	1,49	8,19
NOTO	1,09	0,00	1,16	0,00
RAMO	0,87	8,85	0,92	7,27
TROA	0,92	0,00	1,00	0,00
TROI	0,83	0,00	0,93	0,00
ZECK	1,28	6,97	1,32	6,81

Ergebnisse der MAUPRP

Baseline[4)]	**Baselinelänge** *m*	**195**		**205**	
		RMS *mm*	**Cycleslips**	**RMS** *mm*	**Cycleslips**
TAAN	556.815,20	10	12/12	10	12/12
TARA	1.292.432,95	11	2/2	11	0/0
TATI	511,52	14	0/0	14	0/0
TAZE	1.336.487,02	11	1/1	10	0/0
TIGR	1.170.685,86	9	4/4	14	63/63
TIMA	813.203,73	10	1/1	10	1/1
TINO	1.271.116,36	10	1/1	10	0/0

4) Baselines:
TAAN: Troia 100027 – Ankara, Türkei
TARA: Troia 100027 – Mitzpe Ramon, Israel
TATI: Troia 100027 – Troia 100005
TAZE: Troia 100027 – Zelenchukskaya, Russland
TIGR: Troia 100005 – Graz, Österreich
TIMA: Troia 100005 – Matera, Italien
TINO: Troia 100005 – Noto, Italien

Qif-Strategie

13.07.2000 / 195'ter GPS Tag

QIF Schritt 1 (L_1 / L_2 – Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
TAAN	001	90/14 (84,4%)	1,5	001	90/10 (88,9%)	2,9
TARA	002	92/22 (76,1%)	1,9	002	92/22 (76,1%)	3,8
TATI	003	96/14 (85,5%)	1,5	003	96/10 (89,6%)	2,9
TAZE	004	88/28 (68,2%)	1,6	004	88/30 (65,9%)	3,0
TIGR	005	104/28 (73,1%)	1,4	005	104/26 (75,0%)	2,6
TIMA	006	104/18 (82,7%)	1,4	006	104/12 (88,4%)	2,8
TINO	007	106/22 (79,2%)	1,6	007	106/18 (83,0%)	3,2
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		

QIF Schritt 2 (L_3 – Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*
TAAN	008	4391065,5946 2164757,8038 4074555,6936	1,4	008	4391065,5825 2164757,7977 4074555,6843	2,7
TARA	009	4391065,6108 2164757,7920 4074555,7119	1,5	009	4391065,5907 2164757,7806 4074555,6970	2,9
TATI	010		1,5	010		2,9
TAZE	011	4391065,6095 2164757,7852 4074555,7102	1,4	011	4391065,6028 2164757,7836 4074555,7050	2,4
TIGR	012	4391416,8838 2164447,1867 4074351,3227	1,2	012	4391416,8799 2164447,1850 4074351,3186	2,0
TIMA	013	4391416,8775 2164447,1791 4074351,3264	1,3	013	4391416,8738 2164447,1758 4074351,3231	2,5
TINO	014	4391416,8762 2164447,1765 4074351,3235	1,4	014	4391416,8691 2164447,1736 4074351,3178	2,8
Sessions *(ohne RAMO)*	015	4391065,6044 2164757,7899 4074555,7067 4391416,8681 2164447,1787 4074351,3132	1,6	015	4391065,5932 2164757,7847 4074555,6982 4391416,8663 2164447,1756 4074351,3113	3,0
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		

23.07.2000 / 205'ter GPS Tag

QIF Schritt 1 (L_1 / L_2 – Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
TAAN	016	82/10 (87,8%)	1,5	016	82/8 (90,2%)	2,9
TARA	017	76/14 (81,6%)	2,5	017	76/14 (81,6%)	4,7
TATI	018	86/4 (95,3%)	1,4	018	86/4 (95,3%)	2,7
TAZE	019	84/32 (61,9%)	1,6	019	84/28 (66,7%)	3,0
TIGR	020	96/12 (87,5%)	1,6	020	96/12 (87,5%)	3,1
TIMA	021	96/10 (89,6%)	1,3	021	96/6 (93,8%)	2,5
TINO	022	104/20 (80,8%)	1,5	022	104/12 (88,5%)	2,8
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		

QIF Schritt 2 (L_3 – Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*
TAAN	023	4391065,5906 2164757,8034 4074555,6931	1,3	023	4391065,5805 2164757,7972 4074555,6832	2,7
TARA	024	4391065,5822 2164757,7985 4074555,7097	1,9	024	4391065,5577 2164757,7926 4074555,6981	3,4
TATI	025		1,4	025		2,7
TAZE	026	4391065,6017 2164757,7808 4074555,7062	1,4	026	4391065,5951 2164757,7749 4074555,6966	2,5
TIGR	027	4391416,8700 2164447,1742 4074351,3112	1,5	027	4391416,8678 2164447,1702 4074351,3069	2,8
TIMA	028	4391416,8737 2164447,1722 4074351,3189	1,2	028	4391416,8715 2164447,1700 4074351,3155	2,2
TINO	029	4391416,8721 2164447,1742 4074351,3169	1,2	029	4391416,8669 2164447,1699 4074351,3118	2,3
Session ***(ohne RAMO)***	030	4391065,5984 2164757,7904 4074555,7037 4391416,8653 2164447,1779 4074351,3081	1,5	030	4391065,5913 2164757,7877 4074555,6973 4391416,8636 2164447,1771 4074351,3051	2,9
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		

Sigma-Strategie

13.07.2000 / 195'ter GPS Tag

SIGMA Stufe 1 (L_3 – Näherungskoordinaten)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
Session	001		1,4	001		2,6

SIGMA Stufe 2 (L_5 – Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
TAAN	002	45/8 (82,2%)	17,0	002	45/4 (91,1%)	32,2
TARA	003	46/19 (58,7%)	43,8	003	46/17 (63,0%)	89,3
TATI	004	48/3 (93,8%)	6,2	004	48/1 (97,9%)	9,7
TAZE	005	44/16 (63,6%)	24,0	005	44/13 (70,5%)	41,8
TIGR	006	52/17 (67,3%)	23,0	006	52/15 (71,2%)	39,4
TIMA	007	52/12 (76,9%)	19,4	007	52/7 (86,5%)	356,2
TINO	008	53/13 (75,5%)	22,9	008	53/9 (83,0%)	44,1
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

SIGMA Stufe 3 (L_3 / L_Σ -Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
TAAN	009	45/11 (75,6%)	1,4	009	45/8 (82,2%)	2,7
TARA	010	46/22 (52,2%)	1,5	010	46/20 (56,5%)	2,9
TATI	011	48/4 (91,7%)	1,5	011	48/4 (91,7%)	2,9
TAZE	012	44/18 (59,1%)	1,4	012	44/21 (52,2%)	2,4
TIGR	013	52/22 (57,7%)	1,2	013	52/19 (63,5%)	2,0
TIMA	014	52/17 (67,3%)	1,3	014	52/12 (76,9%)	2,6
TINO	015	53/20 (62,3%)	1,5	015	53/16 (69,8%)	2,8
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

SIGMA Stufe 4 (L_3 – Lösung)

Baseline	**Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet**			**Beobachtungen nicht gewichtet**		
	GPSEST.*	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*	**GPSEST.***	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*
TAAN	016	4391065,5900 2164757,8038 4074555,6929	1,4	016	4391065,5827 2164757,7975 4074555,6840	2,7
TARA	017	4391065,6112 2164757,7939 4074555,7120	1,5	017	4391065,5892 2164757,7804 4074555,6966	2,9
TATI	018		1,5	018		2,9
TAZE	019	4391065,6087 2164757,7854 4074555,7106	1,4	019	4391065,6054 2164757,7853 4074555,7077	2,4
TIGR	020	4391416,8798 2164447,1846 4074351,3194	1,2	020	4391416,8798 2164447,1845 4074351,3182	2,0
TIMA	021	4391416,8782 2164447,1790 4074351,3269	1,3	021	4391416,8742 2164447,1758 4074351,3240	2,6
TINO	022	4391416,8703 2164447,1788 4074351,3196	1,5	022	4391416,8728 2164447,1731 4074351,3200	2,8
Session ***(ohne RAMO)***	023	4391065,6035 2164757,7894 4074555,7050 4391416,8669 2164447,1787 4074351,3122	1,6	023	4391065,5928 2164757,7837 4074555,6963 4391416,8670 2164447,1755 4074351,3112	3,0
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

23.07.2000 / 205'ter GPS Tag

SIGMA Stufe 1 (L_3 – Näherungskoordinaten)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
Session	024		1,5	024		2,9

SIGMA Stufe 2 (L_5 – Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
TAAN	025	41/7 (82,9%)	19,6	025	41/4 (90,2%)	35,5
TARA	026	38/13 (65,8%)	61,1	026	38/38 (0%)	140,9
TATI	027	43/0 (100%)	1,4	027	43/0 (100%)	2,9
TAZE	028	42/16 (61,9%)	26,8	028	42/16 (61,9%)	50,0
TIGR	029	48/11 (77,1%)	21,3	029	48/7 (85,4%)	38,1
TIMA	030	48/6 (87,5%)	19,6	030	48/5 (89,6%)	35,6
TINO	031	52/14 (73,1%)	25,0	031	52/11 (78,6%)	50,9
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

SIGMA Stufe 3 (L_3 / L_Σ -Lösung)

Baseline	Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet			Beobachtungen nicht gewichtet		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
TAAN	032	41/9 (78,0%)	1,3	032	41/6 (85,4%)	2,7
TARA	033	38/15 (60,5%)	1,9	033	38/38 (0%)	3,3
TATI	034	43/2 (95,3%)	1,4	034	43/1 (97,7%)	2,7
TAZE	035	42/22 (47,6%)	1,4	035	43/22 (47,6%)	2,5
TIGR	036	48/14 (70,8%)	1,5	036	48/14 (70,8%)	2,8
TIMA	037	48/9 (81,3%)	1,2	037	48/8 (83,3%)	2,2
TINO	038	52/19 (63,5%)	1,3	038	52/17 (67,3%)	2,4
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

SIGMA Stufe 4 (L_3 – Lösung)

Baseline	**Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet**			**Beobachtungen nicht gewichtet**		
	GPSEST.*	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*	**GPSEST.***	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*
TAAN	039	4391065,5890 2164757,8032 4074555,6919	1,3	039	4391065,5807 2164757,7971 4074555,6832	2,7
TARA	040	4391065,5840 2164757,7975 4074555,7130	1,9	040	4391065,5585 2164757,7962 4074555,7022	3,3
TATI	041		1,4	041		2,7
TAZE	042	4391065,5993 2164757,7813 4074555,7038	1,4	042	4391065,5941 2164757,7758 4074555,6952	2,5
TIGR	043	4391416,8692 2164447,1730 4074351,3106	1,5	043	4391416,8678 2164447,1696 4074351,3073	2,8
TIMA	044	4391416,8741 2164447,1725 4074351,3183	1,2	044	4391416,8725 2164447,1695 4074351,3146	2,2
TINO	045	4391416,8719 2164447,1753 4074351,3169	1,3	045	4391416,8662 2164447,1713 4074351,3125	2,4
Session ***(ohne RAMO)***	046	4391065,5967 2164757,7906 4074555,7021 4391416,8635 2164447,1780 4074351,3062	1,5	046	4391065,5889 2164757,7882 4074555,6951 4391416,8612 2164447,1776 4074351,3030	2,9
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

Addneq

Troa 100027 **Troi 100005**	**Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet**			**Beobachtungen nicht gewichtet**		
	Addneq.*	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*	**Addneq.***	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*
Baselines *(Ohne RAMO)*	001	4391065,6004 2164757,7942 4074555,7036	1,5	001	4391065,5939 2164757,7907 4074555,6977	2,9
		4391416,8686 2164447,1786 4074351,3139			4391416,8672 2164447,1767 4074351,3116	
Sessions *(Ohne RAMO)*	002	***4391065,5976 2164757,7900 4074555,7019***	1,7	002	4391065,5913 2164757,7871 4074555,6970	3,1
		4391416,8628 2164447,1780 4074351,3072			4391416,8638 2164447,1771 4074351,3074	
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		
Baselines *(Ohne RAMO)*	001	4391065,6002 2164757,7943 4074555,7026	1,5	001	4391065,5934 2164757,7913 4074555,6964	2,9
		4391416,8673 2164447,1788 4074351,3127			4391416,8662 2164447,1768 4074351,3106	
Sessions *(Ohne RAMO)*	002	4391065,5967 2164757,7900 4074555,7005	1,7	002	4391065,5893 2164757,7869 4074555,6943	3,1
		4391416,8619 2164447,1783 4074351,3064			4391416,8624 2164447,1774 4074351,3056	
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

Die Koordinaten der Kampagne ***Troia_Q1-Session*** weisen in der GPS3D-Auswertung (siehe nächste Seite) die größte Zuverlässigkeit auf und wurden von daher als endgültiges Ergebnis dieser Auswertung angehalten.

GPS3D

Punkt **RAMO** wurde als grober Fehler erkannt und aus der Berechnung ausgeschlossen.

Troa 100027 **Troi 100005**	**Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet**			**Beobachtungen nicht gewichtet**		
	3D- 2D- 1D- Fehler *m*	**X Y Z**	**RE-HO-H Geschätzt** *m*	**3D- 2D- 1D- Fehler** *m*	**X Y Z**	**RE-HO-H Geschätzt** *m*
Baselines	0,0076 0,0031 0,0069	4391065,6053 2164757,7905 4074555,7084	0,0017 0,0009 0,0044	0,0084 0,0035 0,0077	4391065,5790 2164757,7866 4074555,7012	0,0019 0,0010 0,0049
		4391416,8704 2164447,1788 4074351,3139	0,0015 0,0007 0,0037		4391416,8695 2164447,1772 4074351,3120	0,0016 0,0008 0,0041
Sessions	***0,0033*** ***0,0014*** ***0,0029***	4391065,6020 2164757,7902 4074555,7058	***0,0007*** ***0,0007*** ***0,0016***	0,0036 0,0016 0,0032	4391065,5944 2164757,7871 4074555,6997	0,0008 0,0008 0,0017
		4391416,8673 2164447,1783 4074351,3112	***0,0007*** ***0,0007*** ***0,0016***		4391416,8671 2164447,1772 4074351,3102	0,0008 0,0007 0,0017
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		
Baselines	0,0080 0,0033 0,0073	4391065,6064 2164757,7906 4074555,7077	0,0018 0,0009 0,0045	0,0089 0,0037 0,0081	4391065,5975 2164757,7868 4074555,7015	0,0020 0,0011 0,0051
		4391416,8691 2164447,1789 4074351,3130	0,0015 0,0008 0,0038		4391416,8700 2164447,1774 4074351,3124	0,0017 0,0009 0,0043
Sessions	0,0038 0,0016 0,0034	4391065,6009 2164757,7901 4074555,7045	0,0009 0,0008 0,0018	0,0052 0,0023 0,0047	4391065,5823 2164757,7869 4074555,6982	0,0012 0,0011 0,0025
		4391416,8662 2164447,1783 4074351,3102	0,0009 0,0008 0,0018		4391416,8665 2164447,1774 4074351,3094	0,0012 0,0010 0,0025
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

Netz2D

Stochastische Ausgleichung (Anschlusspunkte 0,005m), Rotation und Maßstab fest.

Troa **100027** **Troi** **100005**	**Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet**			**Beobachtungen nicht gewichtet**		
	Ø Punkt - Fehler *cm*	**Rechtswert Hochwert** *GKK 27° - WGS84-Ellipsoid*	**mr mh mp** *cm*	**Ø Punkt - Fehler** *cm*	**Rechtswert Hochwert** *GKK 27° - WGS84-Ellipsoid*	**mr mh mp** *cm*
Baselines	0,400	9435309,7364 4425268,7676	0,274 0,268 0,383	0,425	9435309,7365 4425268,7680	0,290 0,282 0,404
		9434873,5185 4425001,6451	0,268 0,260 0,373		9434873,5174 4425001,6447	0,281 0,272 0,391
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		
Baselines	0,421	9435309,7370 4425268,7674	0,288 0,280 0,402	0,440	9435309,7364 4425268,7678	0,300 0,291 0,418
		9434873,5194 4425001,6451	0,281 0,272 0,392		9434873,5174 4425001,6445	0,291 0,281 0,405
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

Heidi

Stochastische Ausgleichung (Anschlusspunkte 0,007m).

Troa **100027** **Troi** **100005**	**Beobachtungen elevationsabhängig gewichtet**			**Beobachtungen nicht gewichtet**		
	Ø Punkt - Fehler *cm*	**Ellipsoidische Höhe**	**Genau** *cm*	**Ø Punkt - Fehler** *cm*	**Ellipsoidische Höhe**	**Genau** *cm*
Baselines	0,682	70,0471	0,58	0,670	70,0412	0,58
		75,0788	0,57		75,0634	0,57
Kampagne	Troia_Q1			Troia_Q2		
Baselines	0,624	70,0456	0,53	0,738	70,0422	0,64
		75,0778	0,52		75,063	0,63
Kampagne	Troia_S1			Troia_S2		

7.3.4.2. ANBINDUNG DES BEŞIK SIVRITEPE

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 03.07.2000					
100005	***07:14***	***16:32***	***1,176***	***0,441***	***2***
1200002	11:34	12:34	1,092	0,389	1
1200020	11:48	12:48	1,250	0,389	3
1200008	12:52	13:51	1,245	0,389	1
1200013	13:10	14:10	1,295	0,389	3
Messungen am 14.07.2000					
100027	***07:58***	***15:08***	***2,454***	***0,441***	***2***
1200002	09:06	10:06	1,199	0,389	3
1200020	09:09	10:09	1,230	0,389	1
1200008	10:16	11:16	1,300	0,389	3
1200013	10:27	11:27	1,122	0,389	1

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 1200020	8016,4024	6,338	2,8516	0	Satellit 22 aus
100005 – 1200002	7988,0745	6,260	2,1276	0	Keine
100005 – 1200008	8020,6188	6,589	1,8146	0	Keine
100005 – 1200013	8070,9973	7,361	2,4310	0	Keine
100027 – 1200020	8527,8268	7,628	1,7709	0	Keine
100027 – 1200002	8499,4707	7,473	1,6830	0	Keine
100027 – 1200008	8531,9492	6,943	2,2298	0	Keine
100027 – 1200013	8582,3671	7,161	1,6911	0	Satellit 11 aus

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1200020	4396902,5060	2159650,7483	4071009,9414	4,1	2,1	4,3	3,7	5,2
1200002	4396891,0307	2159689,7787	4071003,1653	2,5	3,6	2,3	4,8	1,1
1200008	4396924,3503	2159706,7813	4070956,2126	4,1	7,9	1,5	9,0	0,4
1200013	4396952,7584	2159653,8915	4070957,2964	4,7	2,6	4,8	4,0	6,0

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1200020	9428108,80457	4420699,65006	0,426	0,462	0,629
1200002	9428148,80599	4420689,64188	0,421	0,449	0,616
1200008	9428148,81160	4420629,62512	0,420	0,441	0,609
1200013	9428088,80936	4420629,62068	0,431	0,453	0,625

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1200020	80,4638	5,3
1200002	81,4132	5,2
1200008	79,9741	5,2
1200013	82,3422	5,2

7.3.4.3. ANBINDUNG DES BEŞIK YASSITEPE

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 04.07.2000					
100005	***06:40***	***18:39***	***1,146***	***0,441***	***2***
1300001	11:04	12:05	1,097	0,389	1
1300002	11:13	12:12	1,039	0,389	3
1300007	12:34	13:34	1,125	0,389	3
1300003	12:38	13:37	0,984	0,389	1
Messungen am 06.07.2000					
100027	***07:06***	***14:57***	***2,536***	***0,441***	***2***
1300001	08:22	09:22	1,165	0,389	3
1300002	08:31	09:31	1,187	0,389	1
1300003	09:50	10:50	1,111	0,389	1
1300007	09:55	10:55	1,195	0,389	3

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 1300001	8768,2494	5,068	2,3803	0	Keine
100005 – 1300002	8742,3952	5,125	1,8641	14	Satellit 11 aus
100005 – 1300003	8706,3800	5,686	1,4355	0	Keine
100005 – 1300007	8621,2015	5,996	1,6385	0	Satellit 20 aus
100027 – 1300001	9279,6281	5,989	1,6641	0	Keine
100027 – 1300002	9253,8380	5,381	1,6151	0	Keine
100027 – 1300003	9217,8523	6,143	2,2952	0	Keine
100027 – 1300007	9132,6733	5,965	2,1881	12	Messung bis 10:48:00

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1300001	4397393,1408	2159193,9703	4070667,5527	5,8	5,9	4,8	6,1	7,4
1300002	4397361,2496	2159155,3306	4070733,2942	5,5	5,7	4,6	6,1	6,9
1300003	4397325,1473	2159122,3836	4070810,1584	5,3	3,4	4,9	3,4	7,2
1300007	4397265,2850	2159176,9003	4070837,7313	4,7	2,4	4,6	2,7	6,5

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1300001	9427478,58441	4420289,57568	0,407	0,435	0,595
1300002	9427458,71260	4420369,49222	0,403	0,429	0,589
1300003	9427445,89610	4420458,68930	0,397	0,425	0,582
1300007	9427521,59897	4420498,18320	0,405	0,436	0,595

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1300001	44,1160	5,2
1300002	51,2778	5,2
1300003	64,6010	5,2
1300007	59,5091	5,2

7.3.4.4. ANBINDUNG DES KUMTEPE

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 03.07.2000					
100005	***07:14***	***16:23***	***1,176***	***0,441***	***2***
1100023	08:21	09:21	0,062	0,139	1
Messungen am 10.07.2000					
100005	***06:44***	***12:45***	***1,181***	***0,441***	***2***
1400001	08:01	09:01	1,518	0,389	1
Messungen am 11.07.2000					
100027	***07:10***	***16:56***	***2,464***	***0,441***	***2***
1100023	13:33	14:33	0,051	0,139	1
1400001	13:37	14:37	1,343	0,389	3

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 1100023	4146,0618	5,125	1,9848	0	Satellit 10 aus
100005 – 1400001	4355,5760	3,776	3,5941	0	Keine
100027 – 1100023	4388,5107	5,722	1,7210	0	Satellit 16 aus
100027 – 1400001	4563,3644	6,099	1,5877	0	Keine

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1100023	4291646,8838	2160675,2511	4076057,0336	8,7	4,3	8,3	2,7	10,4
1400001	4391557,8313	2160517,5390	4076224,5776	7,5	5,6	6,8	5,2	12,5

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1100023	9431407,69584	4427277,35931	0,379	0,415	0,562
1400001	9431307,51602	4427502,73902	0,370	0,398	0,543

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1400001	44,7994	12,1
1100023	51,7353	10,7

7.3.4.5. ANBINDUNG DES AQUÄDUKTS

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 07.07.2000					
100005	***07:12***	***14:53***	***1,188***	***0,441***	***2***
1500002	10:08	11:08	1,046	0,389	1
1500003	11:38	12:49	1,340	0,389	3
Messungen am 12.07.2000					
100027	***10:56***	***18:51***	***2,454***	***0,441***	***2***
1500002	13:34	14:34	0,952	0,389	1
1500003	15:29	16:29	1,377	0,389	3

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 1500002	11083,8923	3,362	1,3161	3	Satellit 31 aus
100005 – 1500003	11046,7752	2,201	1,0961	0	Sat. 22 aus, Sat 11 ab 12:18:00
100027 – 1500002	10738,0406	3,120	1,2378	0	Mess. bis 14:14:00; Sat. 25 aus
100027 – 1500003	10698,3484	2,055	1,7524	0	Satelliten 7 und 19 aus

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1500002	4388333,2641	2174890,7809	4072283,6292	11,3	5,8	10,6	3,2	16,2
1500003	4388284,8208	2174847,5127	4072337,7143	4,8	2,6	4,6	2,3	6,8

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1500002	9445580,44185	4422136,24264	0,377	0,420	0,564
1500003	9445563,76846	4422218,03066	0,341	0,343	0,484

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1500002	175,7866	9,8
1500003	162,4852	7,1

7.3.4.6. ANBINDUNG DES HASAN PAŞA

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 04.07.2000					
100005	***06:40***	***18:39***	***1,146***	***0,441***	***2***
1600001	14:29	15:30	1,262	0,389	1
1600002	14:55	15:56	1,176	0,389	3
1600003	15:40	16:40	1,105	0,389	1
Messungen am 11.07.2000					
100027	***07:10***	***16:56***	***2,464***	***0,441***	***2***
1600002	09:02	10:02	1,308	0,389	3
1600003	09:04	10:04	1,089	0,389	1
1600001	10:08	11:08	1,265	0,389	1

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 1600001	5235,0522	4,570	2,1524	0	Keine
100005 – 1600002	5186,7661	4,444	3,3218	0	Messung bis 15:23:45
100005 – 1600003	5193,3235	4,429	4,5454	0	Keine
100027 – 1600001	5726,5952	11,061	1,7604	1	Keine
100027 – 1600002	5677,3302	6,913	3,3732	0	Keine
100027 – 1600003	5685,9743	7,504	2,8647	0	Sat. 31 aus, Sat. 6 bis 09:36:30

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1600001	4395202,8273	2162466,8963	4071326,2909	3,1	4,4	2,3	5,0	2,9
1600002	4395170,2137	2162517,8490	4071335,9300	3,6	4,6	3,8	6,8	1,6
1600003	4395170,3665	2162446,0755	4071371,8102	3,0	2,5	2,7	2,5	4,0

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1600001	9431389,85710	4421093,68360	0,373	0,430	0,569
1600002	9431450,07718	4421104,87984	0,368	0,433	0,568
1600003	9431386,03907	4421153,22287	0,352	0,383	0,520

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1600001	66,4663	4,7
1600002	67,4592	4,8
1600003	66,2903	4,7

7.3.4.7. ANBINDUNG DER NEOLITISCHEN SIEDLUNG

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 05.07.2000					
100027	***07:05***	***15:27***	***1,454***	***0,441***	***2***
1700001	07:45	08:45	1,316	0,389	1
1700002	07:53	08:54	1,141	0,389	3
1700003	08:57	09:57	1,228	0,389	1
Messungen am 10.07.2000					
100005	***06:44***	***12:45***	***1,181***	***0,441***	***2***
1700002	09:50	10:50	1,174	0,389	3
1700001	09:58	10:58	1,389	0,389	1
1700003	11:12	12:12	1,226	0,389	3

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 1700001	2046,0931	3,377	4,2152	0	Satellit 23 ab 08:03:00
100005 – 1700002	1940,0642	3,549	2,0335	0	Sat.3 aus, Sat. 23 ab 8:03:00
100005 – 1700003	1942,0697	2,904	4,5231	0	Keine
100027 – 1700001	1870,2704	3,228	4,4816	0	Keine
100027 – 1700002	1763,5768	3,260	3,7506	0	Keine
100027 – 1700003	1747,8463	3,179	6,6539	7	Keine

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1700001	4391249,3410	2166319,3379	4073542,9335	2,5	2,9	2,8	4,7	1,0
1700002	4391244,5114	2166224,6035	4073593,0789	1,2	1,6	1,0	2,1	0,7
1700003	4391194,0187	2166239,5788	4073637,6735	2,4	1,4	2,3	1,4	3,3

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1700001	9436617,84565	4423931,97604	0,387	0,392	0,551
1700002	9436535,58923	4424000,80032	0,388	0,396	0,555
1700003	9436571,84858	4424059,51234	0,380	0,392	0,546

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1700001	75,4838	4,6
1700002	72,2302	4,7
1700003	71,2278	4,6

7.3.4.8. ANBINDUNG DER TP

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 19.07.2000					
100005	***06:50***	***19:01***	***1,310***	***0,441***	***2***
1100048	08:09	09:09	0,053	0,139	3
1100081	10:02	11:02	0,058	0,139	3
1100062	12:13	13:13	0,055	0,139	3
1100073	14:24	15:24	0,055	0,139	3
1100050	15:57	16:57	0,057	0,139	3
Messungen am 20.07.2000					
100027	***06:19***	***17:24***	***2,375***	***0,441***	***2***
1100050	07:26	08:26	0,052	0,139	1
1100073	09:18	10:18	0,061	0,139	1
1100062	10:44	11:44	0,060	0,139	1
1100081	12:36	13:36	0,057	0,139	1
1100048	14:16	15:16	0,055	0,139	1
1100030	16:01	17:01	0,052	0,139	1
Messungen am 21.07.2000					
100005	***06:26***	***08:43***	***1,145***	***1,145***	***2***
1100030	07:12	08:12	0,059	0,139	3

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 1100030	2442,8662	3,691	2,5442	0	Keine
100005 – 1100048	5369,2876	5,887	4,2398	0	Messung bis 09:03:00
100005 – 1100050	7141,7322	5,903	1,6920	0	Satelliten 22 und 27 aus
100005 – 1100062	7957,5480	5,474	3,7055	0	Satellit 25 aus
100005 – 1100073	6969,4693	7,139	3,0947	2	Messung ab 14:34:00
100005 – 1100081	2582,9978	3,313	3,6951	0	Keine
100027 – 1100030	2329,9903	4,835	1,4273	3	Keine
100027 – 1100048	4860,1232	4,539	1,8712	0	Keine
100027 – 1100050	7075,1087	6,103	1,9095	0	Keine
100027 – 1100062	8450,3958	6,116	3,2061	0	Satellit 22 aus
100027 – 1100073	7243,5590	5,059	2,6850	0	Keine
100027 – 1100081	3093,9810	6,378	2,4028	0	Keine

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1100030	4391486,7390	2166587,8115	4073176,3918	5,5	3,1	7,0	8,8	3,4
1100048	4387672,8393	2167373,4880	4076850,9463	6,8	3,4	7,0	5,6	8,6
1100050	4392405,5331	2170209,9431	4070250,3925	9,6	7,7	8,5	7,2	13,2
1100062	4397161,3119	2161338,6146	4069805,8984	2,5	1,4	3,3	4,3	0,6
1100073	4395343,9569	2166562,1940	4068996,1221	2,8	1,8	3,0	3,2	3,2
1100081	4393124,6988	2162778,6908	4073365,7499	3,1	2,5	3,4	4,3	3,0

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1100030	9436749,47900	4423436,88007	0,393	0,406	0,565
1100048	9439181,24375	4428206,97464	0,382	0,437	0,581
1100050	9439559,76562	4419612,08692	0,458	0,467	0,654
1100062	9429495,10616	4419136,42564	0,412	0,433	0,598
1100073	9434974,97411	4418032,65814	0,408	0,480	0,630
1100081	9432611,08421	4423755,33813	0,371	0,385	0,534

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1100030	94,4314	6,4
1100048	100,0534	7,3
1100050	78,0529	8,0
1100062	57,0787	8,8
1100073	56,5323	8,5
1100081	51,4338	6,0

7.3.4.9. GPS-MESSUNGEN IN TROIA

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 30.06.2000					
100005	***12:32***	***14:54***	***1,336***	***0,441***	***2***
100002	13:12	13:26	1,433	0,389	3
100003	13:40	13:55	1,200	0,389	3
Messungen am 01.07.2000					
100005	***06:37***	***10:38***	***1,246***	***0,441***	***2***
100001	07:00	07:15	1,023	0,389	3
100033	07:40	08:00	1,188	0,389	3
100035	08:19	08:33	1,094	0,389	3
100031	08:56	09:12	1,227	0,389	3
Messungen am 10.07.200					
100027	***13:27***	***17:20***	***1,471***	***0,441***	***2***
100002	13:34	13:52	1,305	0,389	3
100003	15:36	15:51	1,288	0,389	3
100033	15:37	15:52	1,300	0,389	1
100035	16:03	16:18	1,271	0,389	1
100001	16:08	16:25	1,083	0,389	3
100031	16:48	17:03	1,143	0,389	1
Messungen am 21.07.2000					
100005	***10:44***	***14:46***	***1,145***	***0,441***	***2***
100020	11:30	11:47	2,215	0,389	1
100018	12:09	12:25	1,359	0,389	1
Messungen am 22.07.2000					
100027	***06:25***	***11:00***	***2,395***	***0,441***	***2***
100007	07:03	07:18	1,394	0,389	3
100004	07:04	07:19	1,453	0,389	1
100011	07:35	07:50	1,378	0,389	3
1100091	07:39	07:54	1,258	0,389	1
100034	08:03	08:18	1,267	0,389	3
100036	08:30	08:45	1,267	0,389	3
100018	08:42	08:57	1,384	0,389	1
10002	09:15	09:30	2,319	0,389	1
100016	09:47	10:17	2,323	0,389	1
100014	10:31	10:51	2,478	0,389	1
100005	***11:25***	***14:36***	***1,238***	***0,441***	***2***
100036	11:38	11:54	1,201	0,389	3
100004	11:47	12:02	1,502	0,389	1
1100091	12:10	12:25	1,211	0,389	3
100014	12:21	12:41	2,444	0,389	1
100034	12:40	12:55	1,216	0,389	3
100016	12:55	13:15	2,325	0,389	1
100011	13:09	13:24	1,413	0,389	3
100007	13:40	13:55	1,415	0,389	3

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100005 – 100001	127,6583	2,088	6,1550	0	Keine
100005 – 100002	154,6382	2,312	8,3828	0	Keine
100005 – 100003	174,9592	2,666	4,6984	0	Keine
100005 – 100004	68,4040	2,031	9,2577	0	Keine
100005 – 100007	360,0509	2,991	3,2417	0	Messung ab 13:41:30
100005 – 100011	379,1987	3,063	4,2558	11	Messung bis 13:19:19
100005 – 100014	407,5639	4,250	3,5521	0	Keine
100005 – 100016	383,2994	3,212	3,4516	0	Keine
100005 – 100018	369,0626	2,797	5,7620	0	Satellit 20 aus
100005 – 100020	168,4009	2,560	3,4898	0	Keine
100005 – 100031	646,3749	2,828	2,8910	0	Keine
100005 – 100033	519,0456	2,292	6,9574	0	Keine
100005 – 100034	319,8339	2,871	5,5467	0	Keine
100005 – 100035	399,4005	2,714	5,7374	0	Keine
100005 – 100036	184,9765	2,353	7,7757	0	Keine
100005 – 1100091	557,2269	2,931	3,7995	0	Keine
100027 – 100001	466,3792	3,169	5,9208	0	Satellit 19 aus
100027 – 100002	376,2928	3,489	2,0879	0	Keine
100027 – 100003	340,4550	2,478	6,0067	0	Keine
100027 – 100004	443,2723	2,856	3,9141	0	Keine
100027 – 100007	598,6405	2,793	3,9265	0	Satellit 10 aus
100027 – 100011	792,4530	3,092	4,2024	0	Keine
100027 – 100014	252,6485	5,696	2,0224	0	Keine
100027 – 100016	132,8739	7,164	2,3148	6	Keine
100027 – 100018	177,9097	2,615	7,3943	0	Keine
100027 – 100020	348,3888	2,877	5,4609	0	Keine
100027 – 100031	394,0580	3,088	4,5057	0	Keine
100027 – 100033	1027,7910	2,393	6,2911	0	Keine
100027 – 100034	819,1618	2,878	6,1616	0	Keine
100027 – 100035	893,6949	3,257	5,3926	0	Keine
100027 – 100036	695,4479	3,275	5,3981	0	Keine
100027 – 1100091	1063,4631	3,398	3,2463	0	Satellit 21 aus

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
100001	4391348,4177	2164402,5145	4074449,3742	2,3	27	1,9	2,9	2,8
100002	4391336,0766	2164578,2810	4074365,4044	1,9	1,2	2,1	2,1	2,2
100003	4391292,8607	2164531,5176	4074441,4193	3,6	1,8	4,0	4,0	4,1
100004	4391373,0707	2164490,7356	4074380,6984	3,1	2,3	3,6	4,5	2,7
100007	4391478,8996	2164719,6934	4074124,3154	3,1	3,3	3,6	5,7	0,6
100011	4391637,6665	2164533,4338	4074055,3319	4,4	3,8	5,1	7,2	3,0
100014	4391226,2063	2164807,0533	4074367,0065	4,0	4,1	3,9	5,5	4,3
100016	4391162,4092	2164700,9274	4074484,6558	9,0	4,7	9,5	8,4	11,0
100018	4391134,4060	2164594,7488	4074537,4350	3,6	3,4	4,1	6,0	2,2
100020	4391314,5000	2164572,8890	4074396,8647	3,4	4,9	3,0	6,4	1,9
100031	4391167,8707	2165041,6523	4074302,2429	3,5	3,2	3,3	3,8	4,4
100033	4391766,9293	2164174,9514	4074081,5802	5,1	4,3	4,6	4,3	6,9
100034	4391642,3130	2164339,0656	4074151,8588	4,1	2,5	4,1	3,5	5,3
100035	4391699,4433	2164327,1187	4074095,8587	3,1	3,7	2,6	4,1	3,6
100036	4391526,4317	2164324,5647	4074266,5823	2,2	2,3	2,6	4,1	05
1100091	4391798,0545	2164180,7520	4074044,3620	4,5	2,8	5,1	5,9	4,5

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
100001	9434864,80947	4425129,00576	0,367	0,385	0,532
100002	9435027,00743	4425020,45170	0,371	0,396	0,542
100003	9435004,99168	4425117,08629	0,362	0,393	0,534
100004	9434932,25690	4425036,53080	0,362	0,381	0,526
100007	9435088,08360	4424712,68468	0,410	0,473	0,626
100011	9434850,04257	4424623,25936	0,420	0,501	0,653
100014	9435280,77857	4425017,84888	0,457	0,493	0,673
100016	9435215,13423	4425175,48284	0,409	0,457	0,613
100018	9435133,01736	4425262,92822	0,355	0,380	0,520
100020	9435032,03485	4425058,48637	0,370	0,405	0,549
100031	9435516,29108	4424933,18590	0,436	0,445	0,623
100033	9434471,75023	4424673,93199	0,353	0,383	0,521
100034	9434674,72544	4424751,26514	0,367	0,413	0,553
100035	9434638,13321	4424679,12895	0,409	0,418	0,584
100036	9434714,30634	4424909,74750	0,359	0,385	0,526
1100091	9434462,78240	4424625,89866	0,392	0,436	0,586

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
100001	75,8244	4,9
100002	72,9787	5,9
100003	76,2369	5,6
100004	78,5672	5,6
100007	64,2777	5,4
100011	66,0178	6,8
100014	76,0040	7,1
100016	71,7294	6,0
100018	50,3896	5,9
100020	76,5206	5,9
100031	73,8255	5,5
100033	50,2754	4,9
100034	65,3321	5,8
100035	64,6032	5,3
100036	54,4147	5,7
1100091	49,7433	6,9

7.3.4.10. GPS-MESSUNGEN AM BEŞIK YASSITEPE

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 15.07.2000					
1300004	***09:05***	***11:52***	***1,346***	***0,441***	***2***
1300005	09:23	09:42	1,637	0,039	3
1300002	10:27	10:51	1,113	0,389	1
1300007	10:01	11:51	1,637	0,039	3
1300001	11:05	11:51	1,637	0,039	1
1300006	***11:58***	***13:17***	***1,445***	***0,441***	***2***
1300005	12:04	12:21	1,637	0,039	1
1300003	12:04	12:21	1,637	0,039	3
1300002	12:32	12:48	1,113	0,389	1
1300007	12:48	13:04	1,637	0,039	3
1300001	12:58	13:14	1,637	0,039	1
Messungen am 15.07.2000					
1300004	***11:52***	***12:35***	***1,282***	***0,441***	***2***
1300003	12:10	12:31	1,637	0,039	1

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
1300001 – 1300004	184,2785	2,476	2,9344	0	Keine
1300002 – 1300004	102,2865	2,260	5,6494	0	Keine
1300003 – 1300004	32,4492	2,007	8,4361	0	Keine
1300007 – 1300004	109,1450	2,692	3,4381	0	Keine
1300001 – 1300006	170,9281	2,356	6,2947	0	Keine
1300002 – 1300006	89,8441	2,039	8,1125	0	Keine
1300003 – 1300006	27,5405	1,891	9,9567	0	Keine
1300007 – 1300006	117,8108	2,194	6,7644	0	Keine
1300004 – 1300005	12,1026	2,304	6,3438	2	Keine
1300006 – 1300005	23,4634	2,133	7,9025	0	Keine

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1300004	4397335,8372	2159097,2248	4070813,5459	2,7	3,0	2,4	3,6	2,9
1300005	4397336,1722	2159086,3447	4070818,8350	3,4	1,8	3,1	0,7	4,9
1300006	4397345,6700	2159098,8261	4070801,3835	2,3	2,2	2,0	2,3	2,9

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1300001	9427478,57910	4420289,57269	0,259	0,264	0,370
1300002	9427458,71561	4420369,49190	0,260	0,263	0,370
1300003	9427445,89276	4420458,69152	0,259	0,264	0,369
1300004	9427418,63472	4420462,50496	0,252	0,254	0,358
1300005	9427408,78689	4420469,53986	0,275	0,289	0,399
1300006	9427415,59205	4420447,08753	0,255	0,260	0,364
1300007	9427521,60461	4420498,18429	0,259	0,263	0,369

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1300001	44,1138	3,3
1300002	51,2838	3,3
1300003	64,6003	3,5
1300004	65,6314	3,2
1300005	65,5781	4,0
1300006	65,1390	3,4
1300007	59,5060	3,3

7.3.4.11. GPS-MESSUNGEN AM AQUÄDUKT

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 17.07.2000					
1500002	***16:25***	***18:55***	***2,082***	***0,039***	***3***
1500003	***16:20***	***19:10***	***1,632***	***0,039***	***1***
1500001	16:13	17:13	1,147	0,389	1
1500001	17:50	18:42	1,147	0,389	1

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
1500001 – 1500002	98,8149	6,007	2,4189	0	Messung 16:46:00 – 17:12:00
1500001 – 1500003	110,8551	5,492	2,5305	0	Messung 16:46:00 – 17:12:00
1500001 – 1500002	98,8058	5,995	2,7495	0	Messung 18:20:00 – 18:36:00
1500001 – 1500003	110,8557	5,046	3,3981	0	Messung 18:20:00 – 18:36:00

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
1500001	4388345,9862	2174795,3554	4072261,3721	3,9	2,6	3,9	3,4	5,1

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1500001	9445489,31253	4422139,70733	0,320	0,318	0,451
1500002	9445580,44172	4422136,24352	0,314	0,313	0,444
1500003	9445563,76848	4422218,02991	0,314	0,313	0,444

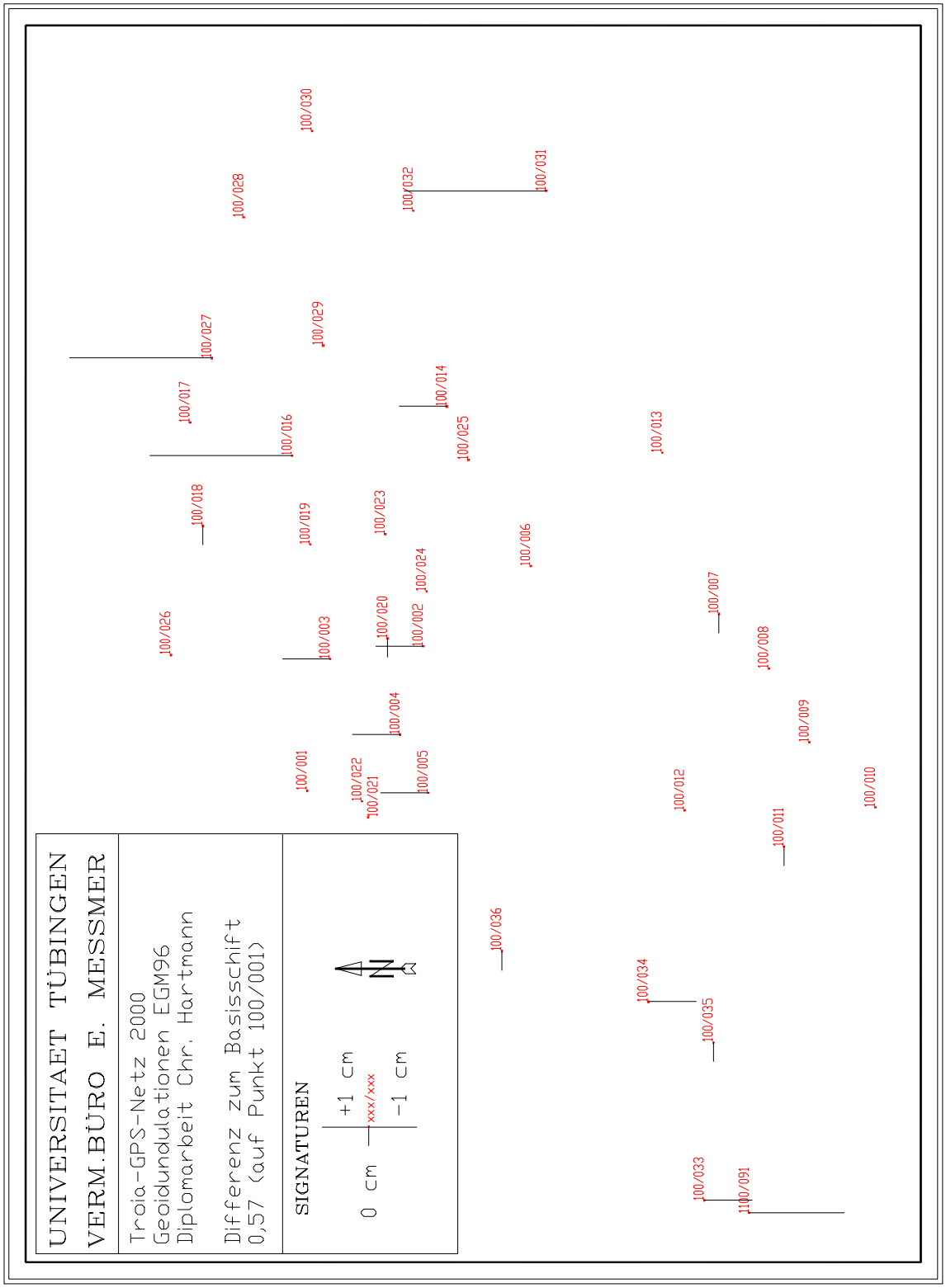
Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	Ell. Höhe	Genau *mm*
1500001	137,7453	7,9
1500002	175,7813	8,0
1500003	162,4879	6,5

7.3.4.12. BERECHNUNG DER GEOIDUNDULATION

EGM96

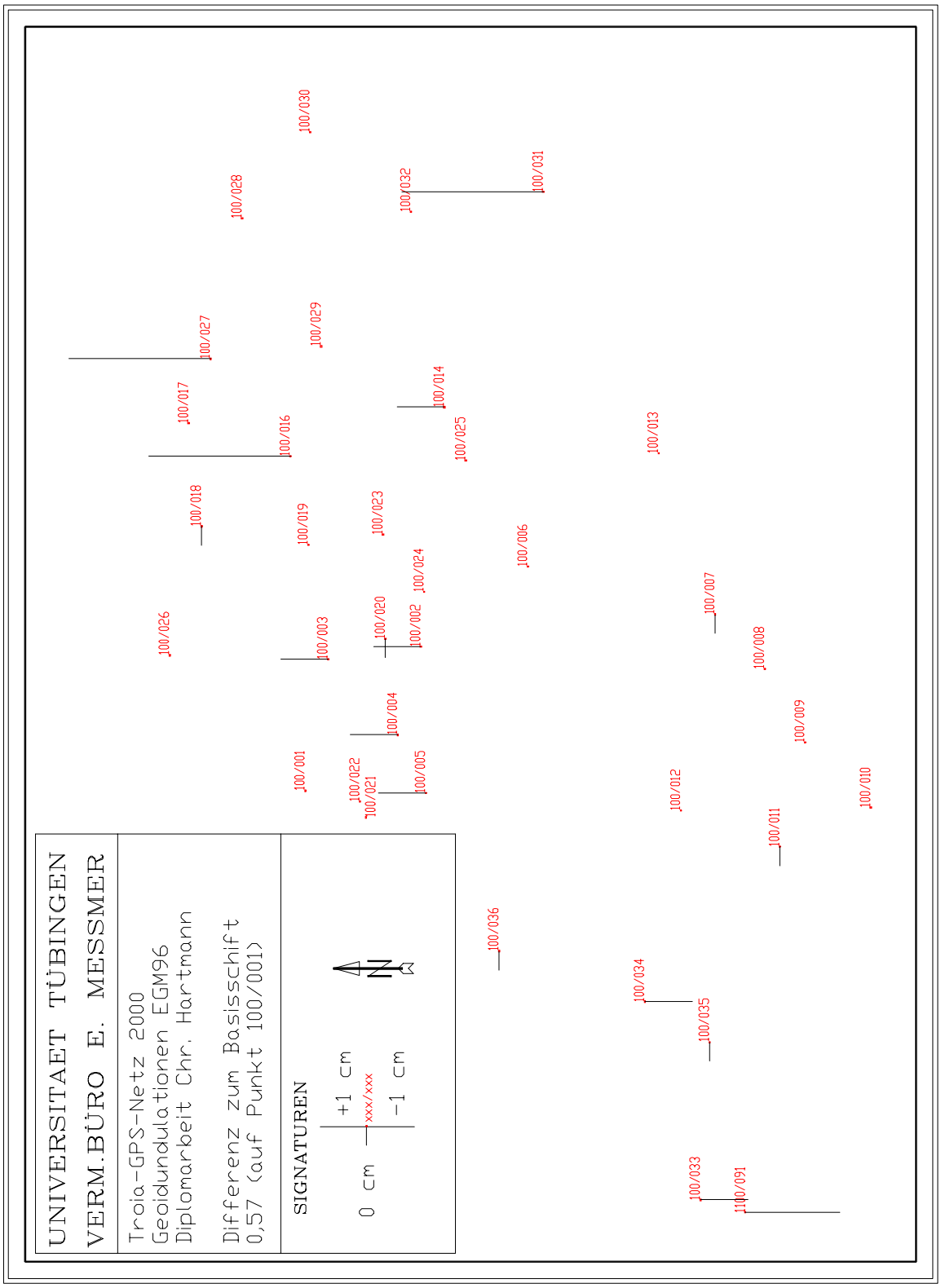
Messgebiet	*PNR*	*Ell. Höhe*	*N*	*H-N*	*Shift*	*Troia Höhe*
Troia	***100001***	75,824	39,79	***36,03***	0,57	35,466
	100002	72,979	39,79	33,19	0,58	32,608
	100003	76,237	39,79	36,45	0,58	35,871
	100004	78,567	39,79	38,78	0,58	38,196
	100005	75,040	39,79	35,25	0,58	34,672
	100007	64,278	39,79	24,49	0,58	23,903
	100011	66,018	39,80	26,22	0,57	25,643
	100014	76,004	39,79	36,21	0,58	35,632
	100016	71,729	39,79	31,94	0,60	31,341
	100018	50,390	39,79	10,60	0,57	10,032
	100020	76,521	39,79	36,73	0,57	36,158
	100027	70,072	39,78	30,29	0,60	29,694
	100031	73,826	39,79	34,04	0,60	33,439
	100033	50,275	39,80	10,48	0,56	9,915
	100034	65,332	39,80	25,53	0,56	24,970
	100035	64,603	39,80	24,80	0,57	24,232
	100036	54,415	39,79	14,62	0,57	14,056
	1100091	49,743	39,80	9,94	0,55	9,395
Sivritepe	1200020	80,464	39,91	40,55	0,57	39,98
	1200002	81,413	39,91	41,50	0,57	40,93
	1200008	79,974	39,92	40,05	0,57	39,49
	1200013	82,342	39,92	42,42	0,57	41,85
	1300001	44,116	39,93	4,19	0,57	3,62
	1300002	51,278	39,93	11,35	0,57	10,78
	1300003	64,601	39,93	24,67	0,57	24,10
	1300004	65,629	39,92	25,71	0,57	25,14
	1300005	65,513	39,92	25,59	0,57	25,02
	1300006	65,137	39,92	25,22	0,57	24,65
	1300007	59,509	39,92	19,59	0,57	19,02
Kumtepe	1400001	44,799	39,77	5,03	0,57	4,46
	1100023	51,735	39,77	11,97	0,57	11,40
Aquädukt	1500001	137,745	39,80	97,95	0,57	97,38
	1500002	175,787	39,80	135,99	0,57	135,42
	1500003	162,485	39,80	122,69	0,57	122,12
Hasan Pasa	1600001	66,466	39,88	26,59	0,57	26,02
	1600002	67,459	39,88	27,58	0,57	27,01
	1600003	66,290	39,88	26,41	0,57	25,84
Neol.itische Siedlung	1700001	75,484	39,80	35,68	0,57	35,12
	1700002	72,230	39,80	32,43	0,57	31,86
	1700003	71,228	39,79	31,44	0,57	30,87
TP	1100030	94,431	39,81	54,62	0,57	54,05
	1100008	100,053	39,72	60,33	0,57	59,76
	1100000	78,054	39,86	38,19	0,57	37,63
	1100062	57,078	39,93	17,15	0,57	16,58
	1100073	56,530	39,91	16,62	0,57	16,05
	1100081	51,436	39,83	11,61	0,57	11,04



Troia: Abweichung des „Shifts“ von 0,57 cm

EGG97

Messgebiet	*PNR*	*Ell. Höhe*	*N*	*H-N*	*Shift*	*Troia Höhe*
Troia	100001	75,824	39,5613	36,263	0,797	35,466
	100002	72,979	39,5610	33,418	0,810	32,608
	100003	76,237	39,5603	36,677	0,806	35,871
	100004	78,567	39,5616	39,006	0,810	38,196
	100005	75,040	39,5623	35,478	0,806	34,672
	100007	64,278	39,5632	24,715	0,811	23,903
	100011	66,018	39,5657	26,452	0,809	25,643
	100014	76,004	39,5590	36,445	0,813	35,632
	100016	71,729	39,5581	32,171	0,830	31,341
	100018	50,390	39,5580	10,832	0,800	10,032
	100020	76,521	39,5606	36,960	0,802	36,158
	100027	70,072	39,5565	30,516	0,822	29,694
	100031	73,826	39,5580	34,268	0,829	33,439
	100033	50,275	39,5682	10,707	0,792	9,915
	100034	65,332	39,5660	25,766	0,796	24,970
	100035	64,603	39,5669	25,036	0,804	24,232
	100036	54,415	39,5644	14,850	0,794	14,056
	1100091	49,743	39,5687	10,174	0,779	9,395
Sivritepe	1200020	80,464	39,6396	40,824	0,797	40,027
	1200002	81,413	39,6393	41,774	0,797	40,977
	1200008	79,974	39,6394	40,335	0,797	39,538
	1200013	82,342	39,6400	42,702	0,797	41,905
Yassitepe	1300007	59,509	39,6403	19,869	0,797	19,072
	1300001	44,116	39,6472	4,469	0,797	3,672
	1300002	51,278	39,6473	11,631	0,797	10,834
	1300003	64,601	39,6473	24,954	0,797	24,157
	1300004	65,629	39,6476	25,982	0,797	25,185
	1300005	65,513	39,6477	25,865	0,797	25,068
	1300006	65,137	39,6476	25,489	0,797	24,692
Kumtepe	1400001	44,799	39,5796	5,220	0,797	4,423
	1100023	51,735	39,5797	12,156	0,797	11,359
Aquädukt	1500001	137,745	39,6191	98,126	0,797	97,329
	1500002	175,787	39,6199	136,167	0,797	135,370
	1500003	162,485	39,6195	122,866	0,797	122,069
Hasan Pasa	1600001	66,466	39,6099	26,856	0,797	26,059
	1600002	67,459	39,6094	27,850	0,797	27,053
	1600003	66,290	39,6094	26,681	0,797	25,884
Neolitische Siedlung	1700001	75,484	39,5619	35,922	0,797	35,125
	1700002	72,230	39,5614	32,669	0,797	31,872
	1700003	71,228	39,5608	31,667	0,797	30,870
TP	1100030	94,431	39,5665	54,865	0,797	54,068
	1100008	100,053	39,5113	60,541	0,797	59,744
	1100000	78,054	39,5958	38,458	0,797	37,661
	1100062	57,078	39,6309	17,447	0,797	16,650
	1100073	56,530	39,6083	16,922	0,797	16,125
	1100081	51,436	39,5904	11,845	0,797	11,048



Troia: Abweichung des „Shifts“ von 0,797 cm

Gegenüberstellung EGM96 – EGG97

Messgebiet	*PNR*	*EGG97 Troia Höhe*	*EGM96 Troia Höhe*	*Differenz*
Troia	100001	***35,466***	35,466	0,000
	100002	***32,608***	32,608	0,000
	100003	***35,871***	35,871	0,000
	100004	***38,196***	38,196	0,000
	100005	***34,672***	34,672	0,000
	100007	***23,903***	23,903	0,000
	100011	***25,643***	25,643	0,000
	100014	***35,632***	35,632	0,000
	100016	***31,341***	31,341	0,000
	100018	***10,032***	10,032	0,000
	100020	***36,158***	36,158	0,000
	100027	***29,694***	29,694	0,000
	100031	***33,439***	33,439	0,000
	100033	***9,915***	9,915	0,000
	100034	***24,970***	24,970	0,000
	100035	***24,232***	24,232	0,000
	100036	***14,056***	14,056	0,000
	1100091	***9,395***	9,395	0,000
Sivritepe	1200020	***40,027***	39,980	0,047
	1200002	***40,977***	40,930	0,047
	1200008	***39,538***	39,490	0,048
	1200013	***41,905***	41,850	0,055
Yassitepe	1300007	***19,072***	19,020	0,052
	1300001	***3,672***	3,620	0,052
	1300002	***10,834***	10,780	0,054
	1300003	***24,157***	24,100	0,057
	1300004	***25,185***	25,140	0,045
	1300005	***25,068***	25,020	0,048
	1300006	***24,692***	24,650	0,042
Kumtepe	1400001	***4,423***	4,460	-0,037
	1100023	***11,359***	11,400	-0,041
Aquädukt	1500001	***97,329***	97,380	-0,051
	1500002	***135,370***	135,420	-0,050
	1500003	***122,069***	122,120	-0,051
Hasan Pasa	1600001	***26,059***	26,020	0,039
	1600002	***27,053***	27,010	0,043
	1600003	***25,884***	25,840	0,044
Neolitische Siedlung	1700001	***35,125***	35,120	0,005
	1700002	***31,872***	31,860	0,012
	1700003	***30,870***	30,870	0,000
TP	1100030	***54,068***	54,050	0,018
	1100008	***59,744***	59,760	-0,016
	1100000	***37,661***	37,630	0,031
	1100062	***16,650***	16,580	0,070
	1100073	***16,125***	16,050	0,075
	1100081	***11,048***	11,040	0,008

7.3.4.13. TERRESTRISCHE MESSUNGEN IN TROIA (NETZERWEITERUNG SÜD)

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
100033	8803,26640	10327,69415	0,332	0,254	0,418
100034	9012,21770	10386,96343	0,185	0,131	0,226
100035	8969,45554	10318,31591	0,208	0,176	0,272
1100091	8790,13416	10280,63430	0,343	0,288	0,448

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	ortho. Höhe	Genau *mm*
100033	9,915	8,0
100034	24,970	6,6
100035	24,232	6,8
1100091	9,395	9,4

7.3.4.14. TERRESTRISCHE MESSUNGEN AM SIVRITEPE

Ergebnisse der Netz2d Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1200001	9428148,79944	4420699,63677	0,306	0,282	0,417
1200003	9428148,81070	4420679,65027	0,252	0,271	0,370
1200004	9428148,80616	4420669,64028	0,254	0,264	0,366
1200006	9428148,80984	4420649,63709	0,288	0,271	0,395
1200021	9428128,81413	4420699,63920	0,307	0,274	0,411

Ergebnisse der HeidiAusgleichnug

PNR	ortho. Höhe	Genau *mm*
1200001	40,7610	5,1
1200003	39,9500	5,1
1200004	39,7120	5,1
1200006	39,5250	5,1
1200021	39,9920	5,1

7.3.4.15. TERRESTRISCHE MESSUNGEN AM YASSITEPE

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1300004	9427418,63779	4420462,50312	0,405	0,436	0,595
1300006	9427415,59569	4420447,09338	0,447	0,445	0,631
1300007	9427521,59721	4420498,18202	0,428	0,549	0,696
1300008	9427379,72499	4420460,45558	0,614	0,682	0,918
1300009	9427379,68405	4420458,64024	0,615	0,681	0,918

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	ortho. Höhe	Genau *mm*
1300006	24.6907	1,3
1300004	25.1853	1,3
Höhe1	23.9310	1,6
Höhe2	23.9760	1,6

7.3.4.16. TERRESTRISCHE MESSUNGEN AM KUMTEPE

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1400003	9431317,12283	4427496,54283	0,339	0,274	0,436
1400004	9431312,81965	4427506,86371	0,276	0,291	0,402
1400005	9431313,51232	4427516,82370	0,264	0,290	0,392
1400006	9431323,48068	4427516,12916	0,265	0,261	0,372
1400001	9431307,51687	4427502,73962	0,275	0,306	0,412
1400002	9431339,17974	4427525,04070	0,275	0,306	0,412

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	ortho. Höhe	Genau *mm*
1400006	4,9178	14,5
1400005	4,6503	3,7
1400004	4,8703	3,7
1400003	5,1178	3,7
1400002	5,9476	1,9
1400001	4,4230	0,0

7.3.4.17. TERRESTRISCHE MESSUNGEN AM AQUÄDUKT

Feldbuchdatei

PNR,	*Z I*	*Z II*	*HZ Strecke*	*hr / hi*	*ortho. Höhe*
1500002				1,473	*135,370*
Höhe1	114,5725	285,1270	60,4160	0,087	122,53
Höhe2	115,5785	284,4210	57,6570	0,087	122,36
Höhe3	116,0085	283,9940	56,1120	0,087	122,34
Höhe4	116,7180	283,2765	53,4590	0,087	122,38
Höhe5	117,3760	282,6210	51,2470	0,087	122,41
Höhe6	117,9750	282,0205	49,2290	0,087	122,47
Höhe7	118,8110	281,1835	46,9660	0,087	122,46
Höhe8	119,4065	280,5910	45,4350	0,087	122,46
Mittelwert (ohne 1500004)					122,43
Median (ohne 1500004)					122,43

7.3.4.18. TERRESTRISCHE MESSUNGEN AM HASAN PASA

Ergebnisse der Netz2D Ausgleichung (GKK 27°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
1610001	9431419,77189	4421138,75576	0,339	0,315	0,463
1610002	9431409,79964	4421141,18537	0,329	0,285	0,435
1610003	9431412,37883	4421150,85328	0,382	0,294	0,482
1610004	9431422,36556	4421148,35946	0,413	0,361	0,549
1600001	9431389,85805	4421093,68387	0,311	0,294	0,428
1600002	9431450,07416	4421104,88122	0,283	0,378	0,472
1600003	9431386,04114	4421153,22123	0,354	0,306	0,468

7.3.4.19. HELMERT-TRANSFORMATION DÖRPFELD → ITRF

Identische Punkte

PNR	R Dörpfeld	H Dörpfeld	R ITRF[3)]	H ITRF[3)]	VR	VH
100001	9234,601	10746,610	9434864,809	4425129,006	-0,009	0,008
100002	9386,677	10624,275	9435027,007	4425020,452	0,000	-0,004
100003	9373,197	10722,466	9435004,992	4425117,086	-0,006	0,002
100004	9293,702	10648,587	9434932,257	4425036,531	-0,001	0,001
100005	9232,141	10618,967	9434873,524	4425001,640	-0,004	-0,003
100007	9420,592	10312,360	9435088,084	4424712,685	0,005	-0,006
100011	9175,644	10244,114	9434850,043	4424623,259	-0,005	-0,004
100014	9639,234	10599,480	9435280,779	4425017,849	0,002	-0,002
100016	9587,633	10762,254	9435215,134	4425175,483	-0,004	0,008
100018	9513,492	10856,524	9435133,017	4425262,928	0,003	-0,011
100020	9395,018	10661,724	9435032,035	4425058,486	0,005	-0,001
100027	9690,030	10846,894	9435309,743	4425268,769	-0,009	0,003
100031	9866,430	10494,537	9435516,291	4424933,186	0,011	-0,005
100033	8803,266	10327,694	9434471,750	4424673,932	0,002	0,003
100034	9012,218	10386,963	9434674,725	4424751,265	0,003	-0,001
100035	8969,456	10318,316	9434638,133	4424679,129	0,002	0,006
100036	9065,507	10541,366	9434714,306	4424909,748	-0,001	0,000
1100091	8790,134	10280,634	9434462,782	4424625,899	0,005	0,005

Parameter der Helmert Transformation

Massstab M	1,00005967
Drehung Phi	-5,57764016 Gon
Koordinatenverschiebung in X	-4414389,0870 m
Koordinatenverschiebung in y	-9425646,6911 m
Mittlere Koordiantenfehler	0,00528087 m
Mittlere Punktlagefehler	0,00746828 m

7.3.4.20. HELMERT-TRANSFORMATION ITRF → TÜRKISCHES LANDESSYSTEM

Identische Punkt

PNR	R ITRF[3)]	H ITRF[3)]	R türk. LS	H türk. LS	VR	VH
1100023	9431407,695	4427277,359	431449,752	4427465,306	0,000	0,003
1100030	9436749,479	4423436,880	436791,485	4423624,817	0,011	0,014
1100048	9439181,243	4428206,974	439223,260	4428394,908	0,005	-0,015
1100050	9439559,765	4419612,086	439601,747	4419800,047	0,008	-0,001
1100062	9429495,106	4419136,425	429537,142	4419324,422	0,002	0,000
1100073	9434974,974	4418032,658	435016,982	4418220,630	0,000	0,012
1100081	9432611,084	4423755,338	432653,149	4423943,314	-0,026	-0,013

Parameter der Helmert Transformation

Massstab m	0,99999504
Drehung Phi	0,00021895 Gon
Koordinatenverschiebung in X	-187,9606 m
Koordinatenverschiebung in Y	8999957,9756 m
Mittlere Koordiantenfehler	0,01276846 m
Mittlere Punktlagefehler	0,01805733 m

3) Gauß-Krüger Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian

7.3.4.21. HELMERT-TRANSFORMATION SIVRITEPE → ITRF

Identische Punkte

PNR	*R Sivritepe*	*H Sivritepe*	*R ITRF[3)]*	*H ITRF[3)]*	*VR*	*VH*
1200020	780,000	1390,000	9428108,807	4420699,646	-0,004	-0,007
1200002	820,000	1380,000	9428148,807	4420689,637	0,001	0,003
1200008	820,000	1320,000	9428148,809	4420629,634	0,004	0,001
1200013	760,000	1320,000	9428088,809	4420629,621	-0,002	0,009
1200021	800,000	1390,000	9428128,814	4420699,639	-0,009	0,001
1200001	820,000	1390,000	9428148,799	4420699,637	0,007	0,005
1200003	820,000	1370,000	9428148,811	4420679,650	-0,002	-0,010
1200004	820,000	1360,000	9428148,806	4420669,640	0,003	-0,001
1200006	820,000	1340,000	9428148,810	4420649,637	0,001	0,000

Parameter der Helmert Transformation

Massstab M	1,00009776	
Drehung Phi	-0,00560999	Gon
Koordinatenverschiebung in X	-4419309,6379	m
Koordinatenverschiebung in Y	-9427328,8080	m
Mittlere Koordiantenfehler	0,00584262	m
Mittlere Punktlagefehler	0,00826271	m

7.3.4.22. HELMERT-TRANSFORMATION KUMTEPE→ITRF

Identische Punkte

PNR	*R ITRF[3)]*	*H ITRF[3)]*	*R Kumtepe*	*H Kumtepe*	*VR*	*VH*
1400003	9431317,123	4427496,543	55,000	270,000	-0,005	0,002
1400004	9431312,820	4427506,864	50,000	280,000	0,005	-0,007
1400005	9431313,512	4427516,824	50,000	290,000	0,001	-0,000
1400006	9431323,481	4427516,129	60,000	290,000	-0,001	0,005

Parameter der Helmert Transformation

Massstab M	0,99908008	
Drehung Phi	4,39766889	Gon
Koordinatenverschiebung in X	-4427226,5899	m
Koordinatenverschiebung in Y	-9431262,9839	m
Mittlere Koordiantenfehler	0,00553629	m
Mittlere Punktlagefehler	0,00782950	m

3) Gauß-Krüger Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian

7.3.4.23. HELMERT-TRANSFORMATION BEŞIK SIVRITEPE → BEŞIK YASSITEPE

Beşik Sivritepe und Beşik Yassitepe haben ein einheitliches Koordinatensystem, sie wurden 1985 verknüpft (siehe Grabungsbericht Beşiktepe Vermessung 1985). Diese Information ermöglichte die Unklarheiten bei der Punktzuordnung am Beşik Yassitepe zu klären.

Über die identischen Punkte am Beşik Sivritepe wurden Transformationsparameter von ITRF → Beşik Sivritepe bestimmt. Diese wurden dazu verwendet Näherungskoordinaten der Punkte am Beşik Yassitepe zu berechnen. Die Gegenüberstellung der Näherungskoordinaten und Koordinaten aus den Unterlagen des Troia-Projekts der Universität Tübingen ergab folgendes:

PNR	*Koordinaten aus Trafo*		*Koordinaten aus Plan*		*Koordinatendifferenzen*	
	R Yassitepe	*H Yassitepe*	*R Yassitepe*	*H Yassitepe*	*dr*	*dh*
1300001	149,801	980,031	Kein Punkt im Plan		Berechnung nicht möglich	
1300002	129,947	1059,944	130,00	1060,00	0,053	0,056
1300003	117,134	1149,133	120,00	1150,00	2,866	0,867
1300004	89,878	1152,952	Neuer Punkt		Berechnung nicht möglich	
1300005	80,032	1159,986	80,00	1160,00	-0,032	0,014
1300006	86,835	1137,535	Neuer Punkt		Berechnung nicht möglich	
1300007	192,842	1188,618	193,27	1188,91	0,428	0,292

Der Versuch die Wiedersprüche bei der Punktzuordnung zu klären scheiterte leider.

- Die Annahme, der Punkt 1300001 sei ein Rasterpunkt, konnte nicht durch Unterlagen des Troia Projekt der Universität Tübingen bestätigt werden.
- Der Punkt 1300003 war zerbrochen, die großen Koordinatendifferenzen legen nun nahe, dass der am Hang liegende Punkt gerutscht ist.
- Dem Troia Projekt der Universität Tübingen stehen keine Aufzeichnungen der Vermessungen von Herrn Adren Salacn zur Verfügung. Die Koordinaten des Punktes 1300007 (P4) wurden im Sommer 2000 telefonisch bei Herrn Salacn erfragt. Eine Klärung der Wiedersprüche ist daher nicht möglich.
- Die geringen Koordinatendifferenzen in den Punkten 1300002 und 1300005 lassen es wahrscheinlich erscheinen, dass diese Punkte unveränderte Rasterpunkte sind.

Fazit

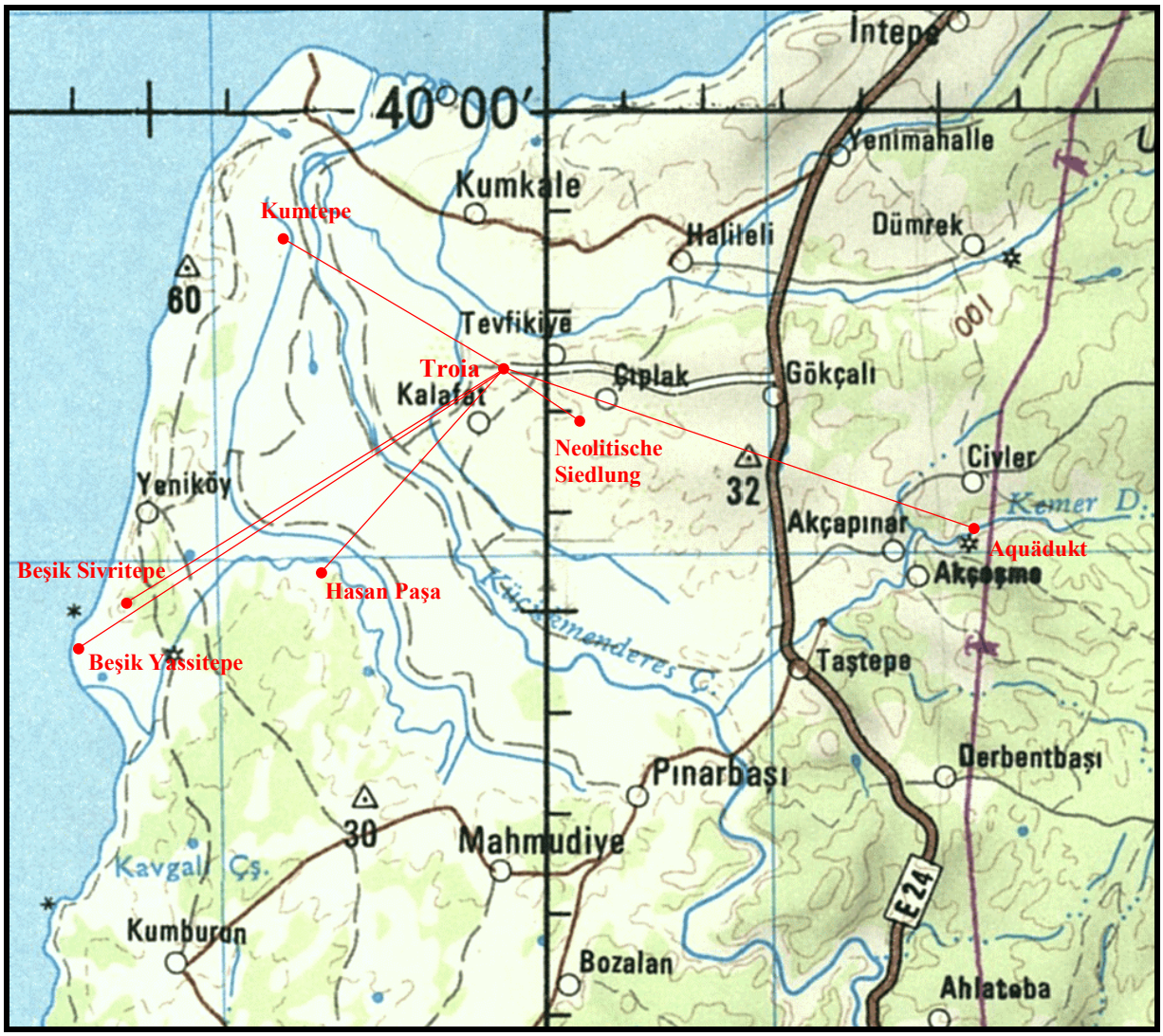
Es konnte keine ausreichende Anzahl identische Punkte für eine kontrollierte Transformation zugeordnet werden. In Absprache mit Dr. Peter Jablonka vom Troia Projekt der Universität Tübingen kann an dieser Stelle nur darauf hingewiesen werden, dass die Unterlagen der Vermessungen von Herrn Adren Salacn unzureichend sind und vor Ort keine Punkt außer den aufgenommenen auffindbar waren.

Zur Berechnung von ITRF-Koordinaten von Punkten am Beşik Yassitepe können die am Sivritepe bestimmten Transformationsparameter nur unter Vorbehalt verwendet werden, da die Extrapolation eine große Unsicherheit birgt.

Zur sicheren Klärung der Wiedersprüche ist es unerlässlich, ausgehend von den im IRTF bekannten Punkten, weitere Punkte am Beşik Yassitepe aufzunehmen, denen eindeutige Koordinaten im Yassitepesystem zugeordnet werden können. In Frage kommen z.B. markante Punkte in den Schnitten. Alternativ könnte der Versuch unternommen werden weitere Rasterpunkte zu finden, in dem man sie absteckt. Beides stellt einen nicht unerheblichen Aufwand bei ungewissem Ausgang dar.

7.3.4.24. KOORDINATEN

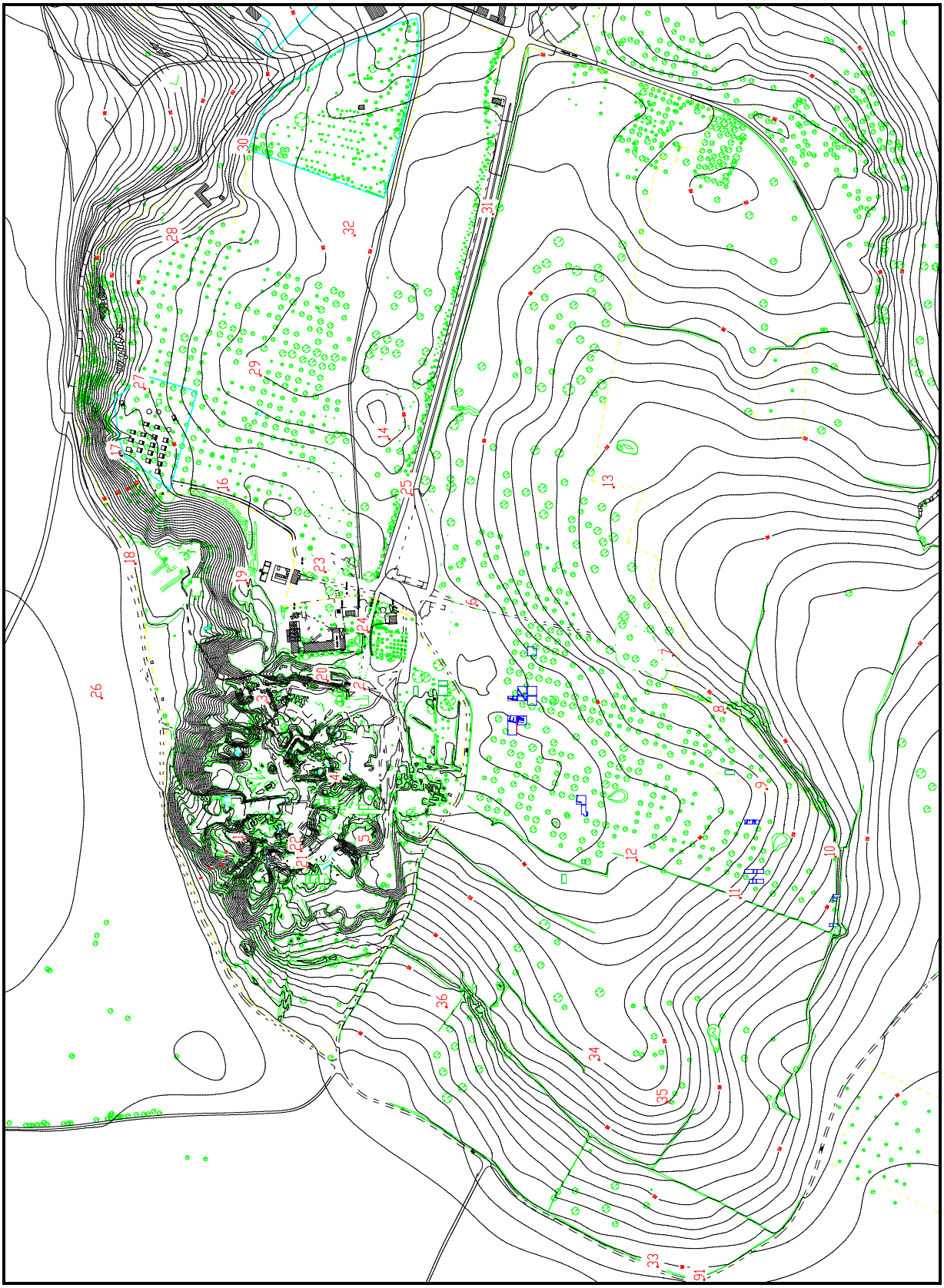
Übersichtsplan



Lage der Netze in der Troas

Troia

PNR	*IRTF* (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian)			*Dörpfeld*		
	Rechtswert	**Hochwert**	**ortho. Höhe**	**Rechtswert**	**Hochwert**	***Höhe***
100001	9434864,809	4425129,006	35,466	9234,601	10746,610	35,466
100002	9435027,007	4425020,452	32,608	9386,677	10624,275	32,608
100003	9435004,992	4425117,086	35,871	9373,197	10722,466	35,871
100004	9434932,257	4425036,531	38,196	9293,702	10648,587	38,196
100005	9434873,524	4425001,640	34,672	9232,141	10618,967	34,672
100006	9435121,249	4424914,683	32,407	9471,298	10510,676	32,407
100007	9435088,084	4424712,685	23,903	9420,592	10312,364	23,903
100008	9435035,315	4424655,418	26,269	9363,014	10259,940	26,269
100009	9434962,124	4424606,067	27,682	9285,790	10217,185	27,682
100010	9434899,896	4424530,873	20,440	9217,225	10147,729	20,440
100011	9434850,043	4424623,259	25,643	9175,644	10244,114	25,643
100012	9434878,878	4424730,714	30,613	9213,774	10348,630	30,613
100013	9435252,314	4424787,394	24,364	9590,715	10372,415	24,364
100014	9435280,779	4425017,849	35,632	9639,234	10599,480	35,632
100016	9435215,134	4425175,483	31,341	9587,633	10762,254	31,341
100017	9435240,240	4425285,914	27,253	9622,306	10870,050	27,253
100018	9435133,017	4425262,928	10,032	9513,492	10856,524	10,032
100019	9435123,481	4425148,321	29,080	9493,963	10743,209	29,080
100020	9435032,035	4425058,486	36,158	9395,018	10661,724	36,158
100021	9434842,447	4425062,359	31,563	9206,503	10682,171	31,563
100022	9434858,602	4425070,246	30,316	9223,285	10688,614	30,316
100023	9435141,224	4425070,660	30,732	9504,842	10664,298	30,732
100024	9435085,057	4425021,882	31,506	9444,626	10620,624	31,506
100025	9435226,626	4424990,023	33,007	9582,856	10576,503	33,007
100026	9434994,655	4425284,626	6,254	9377,565	10890,255	6,254
100027	9435309,743	4425268,769	29,694	9690,030	10846,894	29,694
100028	9435460,595	4425248,534	29,937	9838,532	10813,535	29,937
100029	9435333,364	4425153,250	34,963	9703,460	10729,755	34,963
100030	9435557,317	4425184,663	33,278	9929,289	10741,450	33,278
100031	9435516,291	4424933,186	33,439	9866,430	10494,537	33,439
100032	9435482,831	4425070,874	35,106	9845,137	10634,622	35,106
100033	9434471,750	4424673,932	9,915	8803,266	10327,694	9,915
100034	9434674,725	4424751,265	24,970	9012,218	10386,963	24,970
100035	9434638,133	4424679,129	24,232	8969,456	10318,316	24,232
100036	9434714,306	4424909,748	14,056	9065,507	10541,366	14,056
1100091	9434462,782	4424625,899	9,395	8790,134	10280,634	9,395

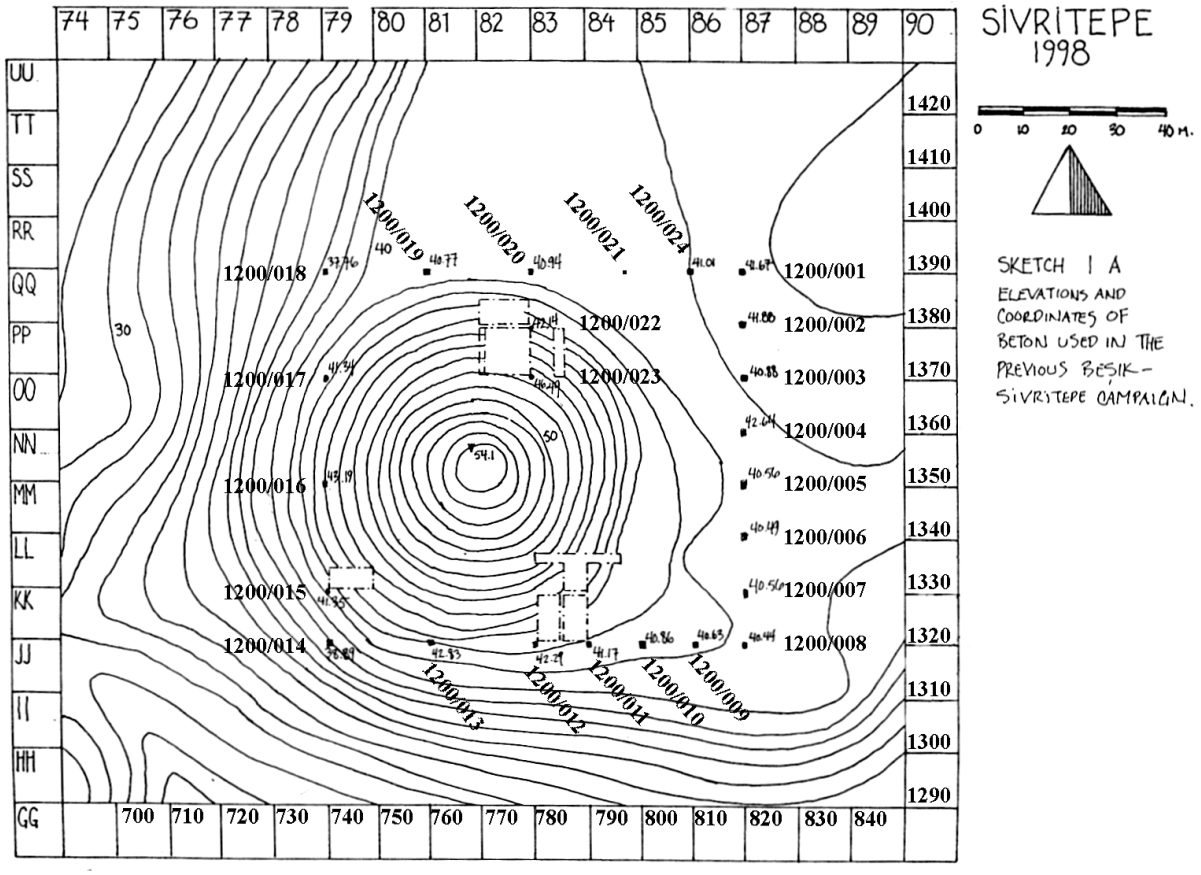


Netzskizze Troia[5)]

5) Als Datengrundlage dienten die bestehenden CAD-Pläne von Troia, Punktnummern verkürzt dargestellt

Beşik Sivritepe

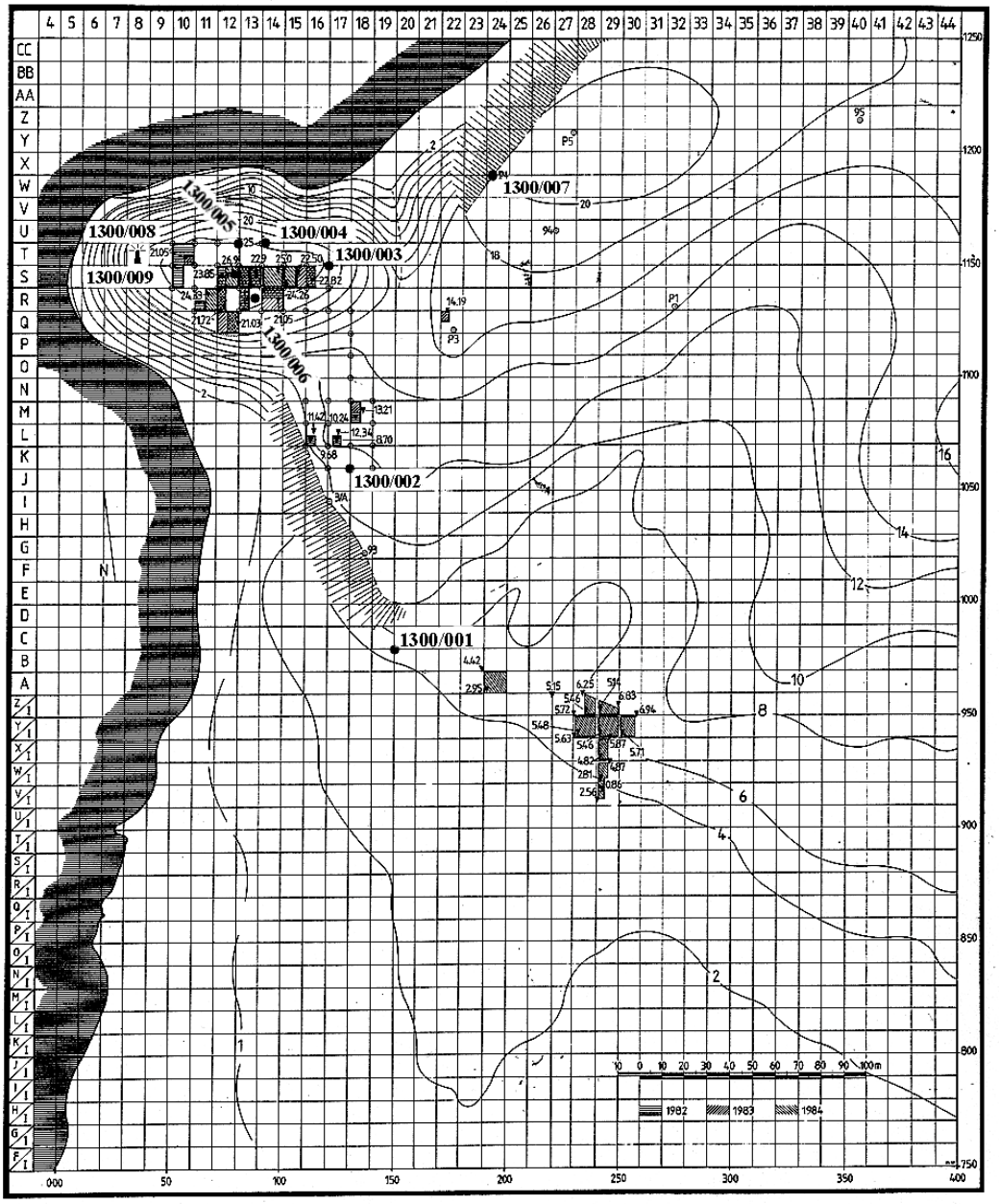
PNR	*IRTF* (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian)			*Lokales System*		
	Rechtswert	**Hochwert**	**ortho. Höhe**	**Rechtswert**	**Hochwert**	***Höhe***
1200001	9428148,799	4420699,637	40,76	820,00	1390,00	41,67
1200002	9428148,807	4420689,637	40,98	820,00	1380,00	41,88
1200003	9428148,811	4420679,650	39,95	820,00	1370,00	40,88
1200004	9428148,806	4420669,640	39,71	820,00	1360,00	40,64
1200005	9428148,810	4420659,638	39,66	820,00	1350,00	40,56
1200006	9428148,810	4420649,637	39,53	820,00	1340,00	40,49
1200007	9428148,812	4420639,636	39,66	820,00	1330,00	40,56
1200008	9428148,809	4420629,634	39,54	820,00	1320,00	40,44
1200009	9428138,812	4420629,634	39,73	810,00	1320,00	40,63
1200010	9428128,811	4420629,633	39,95	800,00	1320,00	40,86
1200011	9428118,810	4420629,632	40,26	790,00	1320,00	41,17
1200012	9428108,809	4420629,631	41,38	780,00	1320,00	42,29
1200013	9428088,809	4420629,621	41,91	760,00	1320,00	42,83
1200014	9428068,805	4420629,628	37,97	740,00	1320,00	38,89
1200015	9428068,804	4420639,629	40,43	740,00	1330,00	41,35
1200016	9428068,803	4420649,630	42,27	740,00	1350,00	43,19
1200017	9428068,801	4420679,633	40,42	740,00	1370,00	41,34
1200018	9428068,799	4420699,635	36,84	740,00	1390,00	37,76
1200019	9428088,801	4420699,637	39,86	760,00	1390,00	40,77
1200020	9428108,807	4420699,646	40,03	780,00	1390,00	40,94
1200021	9428128,814	4420699,639	39,99	800,00	1390,00	
1200022	9428108,804	4420689,637	41,23	780,00	1380,00	42,14
1200023	9428108,805	4420679,636	45,56	780,00	1370,00	46,49
1200024	9428138,806	4420699,641	40,10	810,00	1390,00	41,01



Netzskizze Beşik Sivritepe, aus Troiatagebuch 1998

Beşik Yassitepe

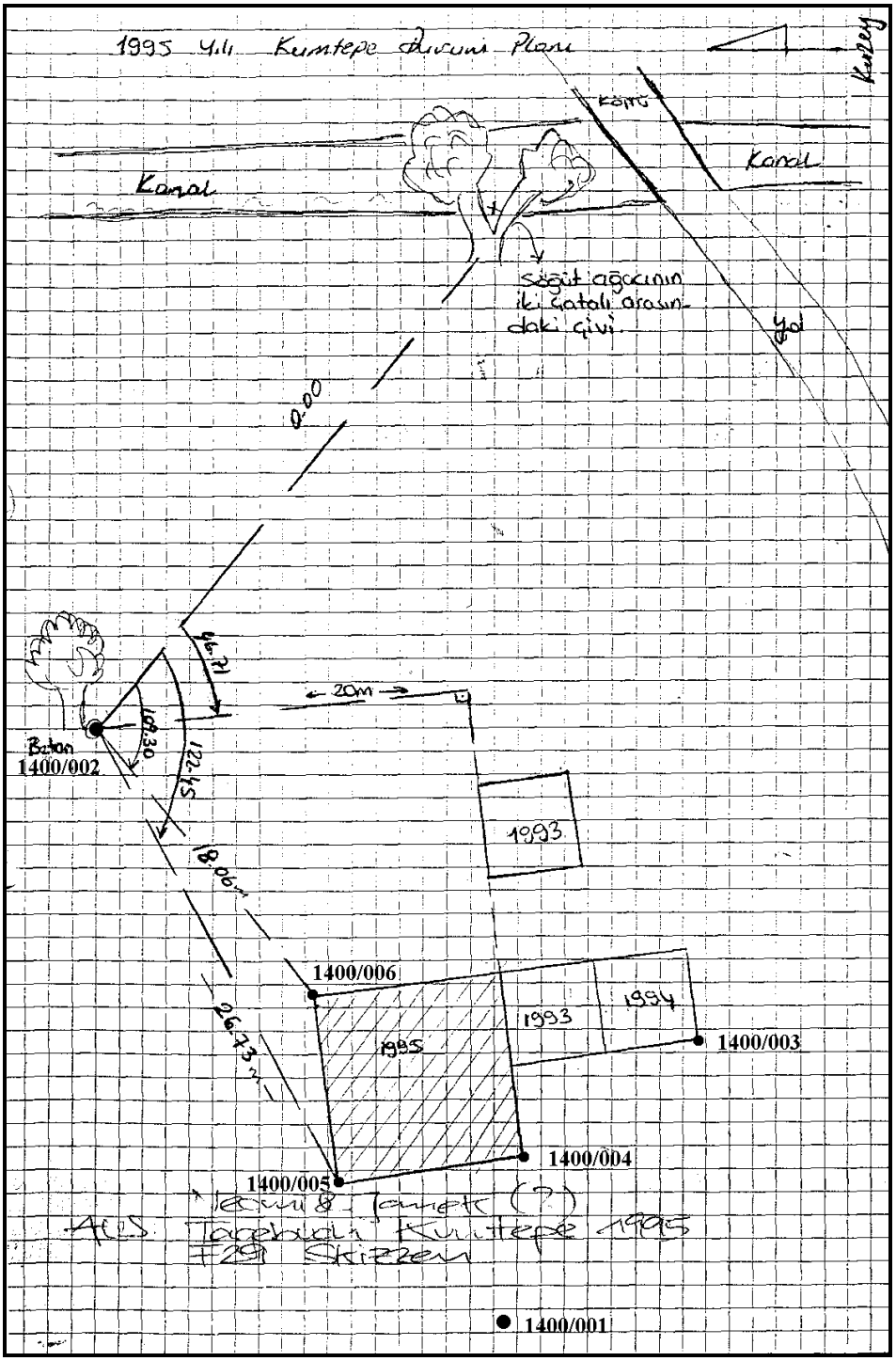
PNR	*IRTF* (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian)		
	Rechtswert	**Hochwert**	**ortho. Höhe**
1300001	9427478,579	4420289,572	3,672
1300002	9427458,715	4420369,491	10,834
1300003	9427445,892	4420458,691	24,157
1300004	9427418,634	4420462,504	25,185
1300005	9427408,786	4420469,539	25,068
1300006	9427415,592	4420447,087	24,692
1300007	9427521,604	4420498,184	19,072
1300008	9427379,725	4420460,456	Leuchtturm
1300009	9427379,684	4420458,640	Leuchtturm
Höhe1			23,9310
Höhe2			23,9760



Netzskizze Beşik Yassitepe, aus Vorbericht über die Grabungen von 1984

Kumtepe

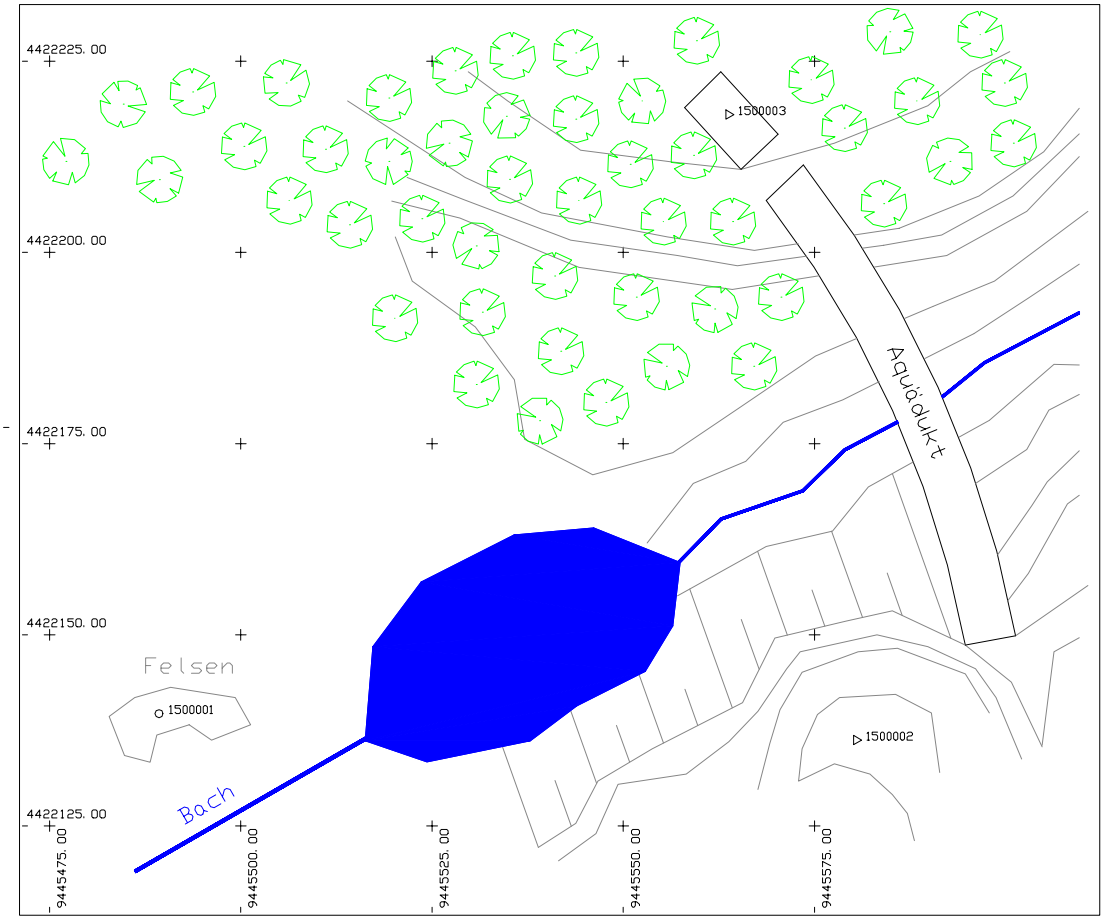
PNR	*IRTF* (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian)			*Lokales System*		
	Rechtswert	**Hochwert**	**ortho. Höhe**	**Rechtswert**	**Hochwert**	***Höhe***
1400001	9431307,517	4427502,740	4,423	44,985	275,522	4,111
1400002	9431339,180	4427525,041	5,948	75,061	299,978	5,636
1400003	9431317,123	4427496,543	5,118	55,00	270,00	4,806
1400004	9431312,820	4427506,864	4,870	50,00	280,00	5,566
1400005	9431313,512	4427516,824	4,650	50,00	290,00	4,338
1400006	9431323,481	4427516,129	4,918	60,00	290,00	4,606



Netzskizze Kumtepe, aus Tagebuch Kumtepe 1995

Aquädukt

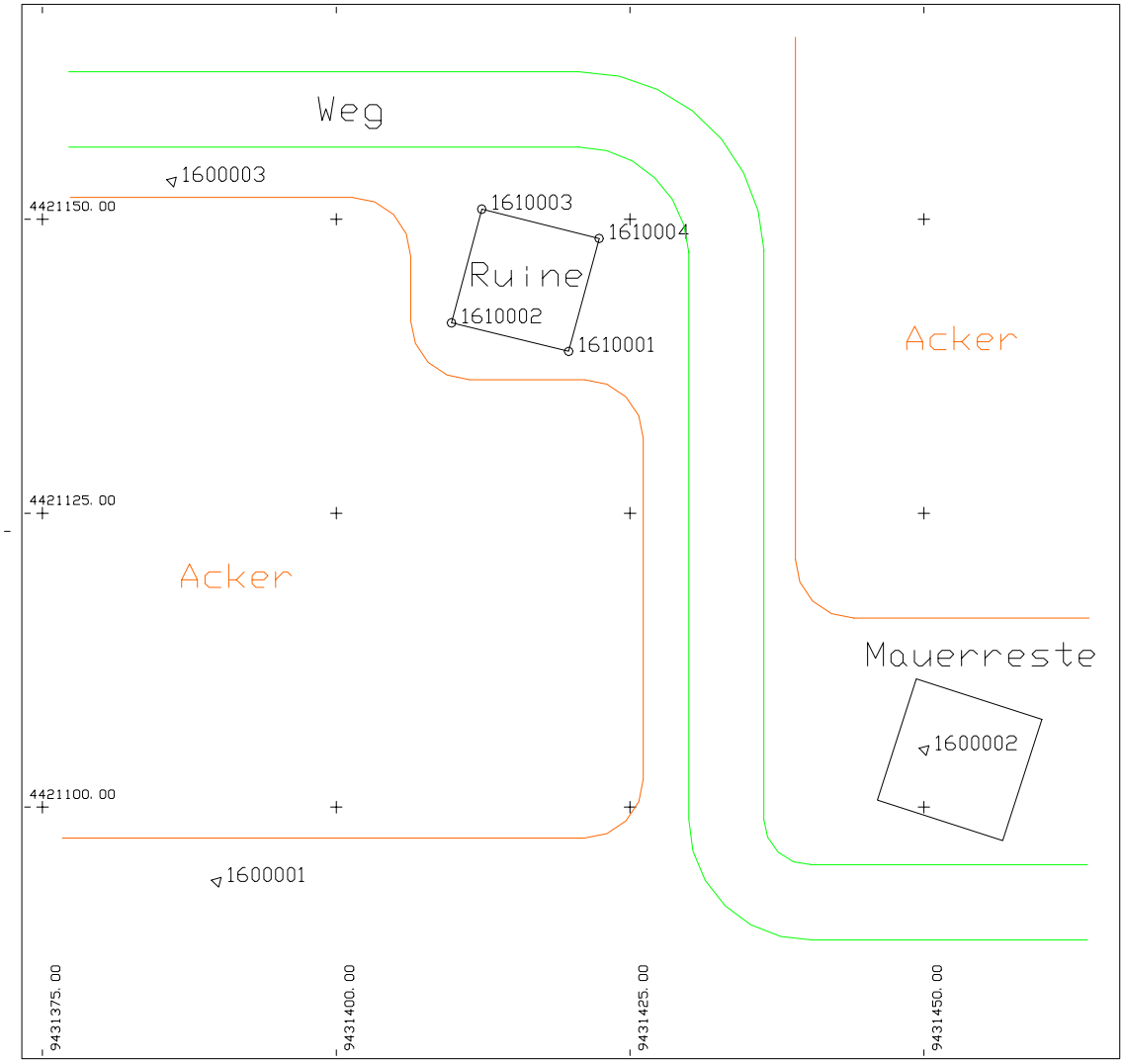
PNR	*IRTF* (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian)		
	Rechtswert	**Hochwert**	**ortho. Höhe**
1500001	9445489,312	4422139,707	97,329
1500002	9445580,441	4422136,244	135,370
1500003	9445563,768	4422218,030	122,069
Mittlere Höhe des Aquädukts			122,43



Netzskizze Aquädukt

Hasan Pasa

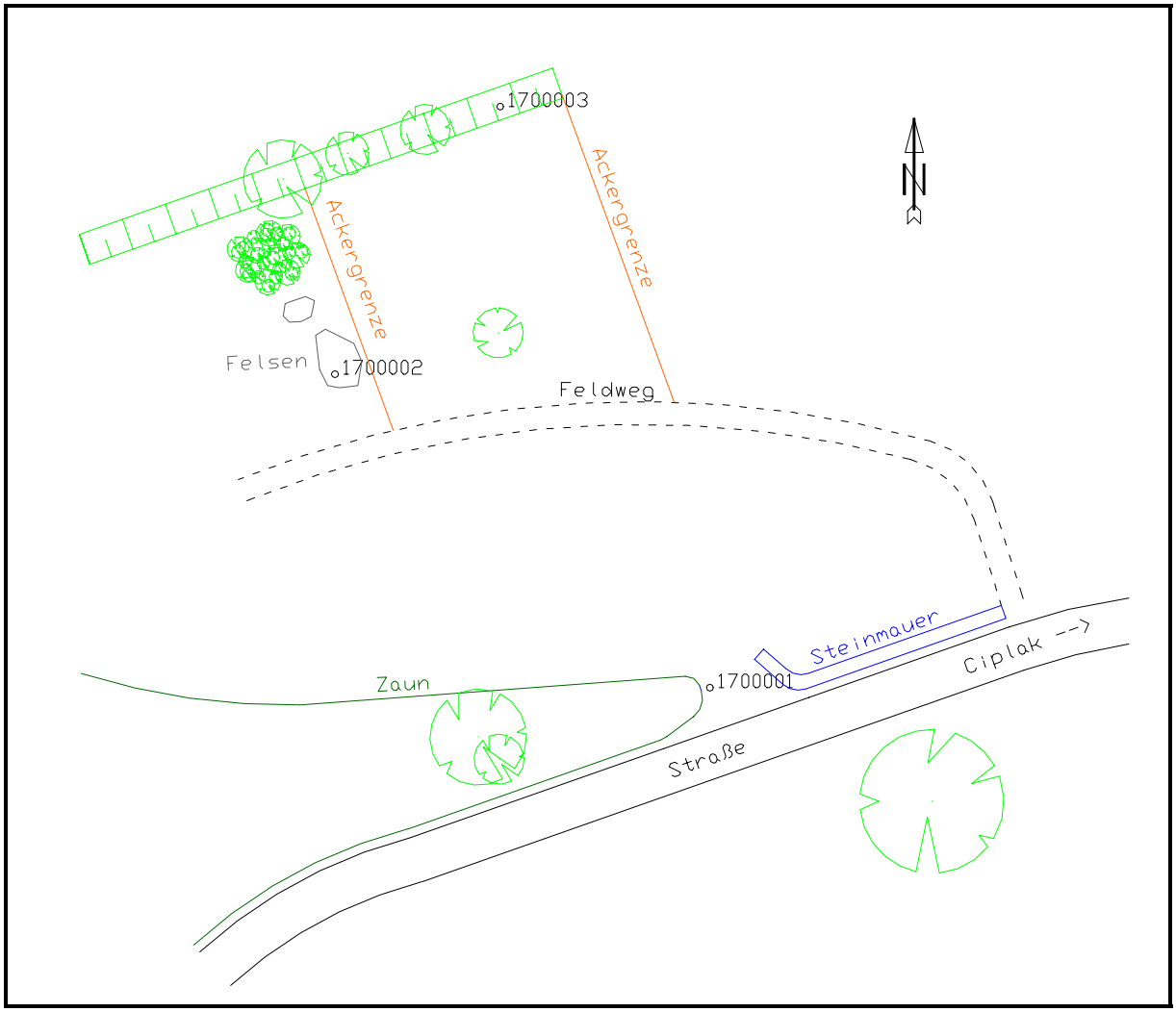
PNR	*IRTF* (*Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian*)		
	Rechtswert	**Hochwert**	**ortho. Höhe**
1600001	9431389,858	4421093,684	26,059
1600002	9431450,074	4421104,881	27,053
1600003	9431386,041	4421153,221	25,884
Ruine			
1610001	9431419,77189	4421138,75576	
1610002	9431409,79964	4421141,18537	
1610003	9431412,37883	4421150,85328	
1610004	9431422,36556	4421148,35946	



Netzskizze Hasan Pasa

Neolitische Siedlung

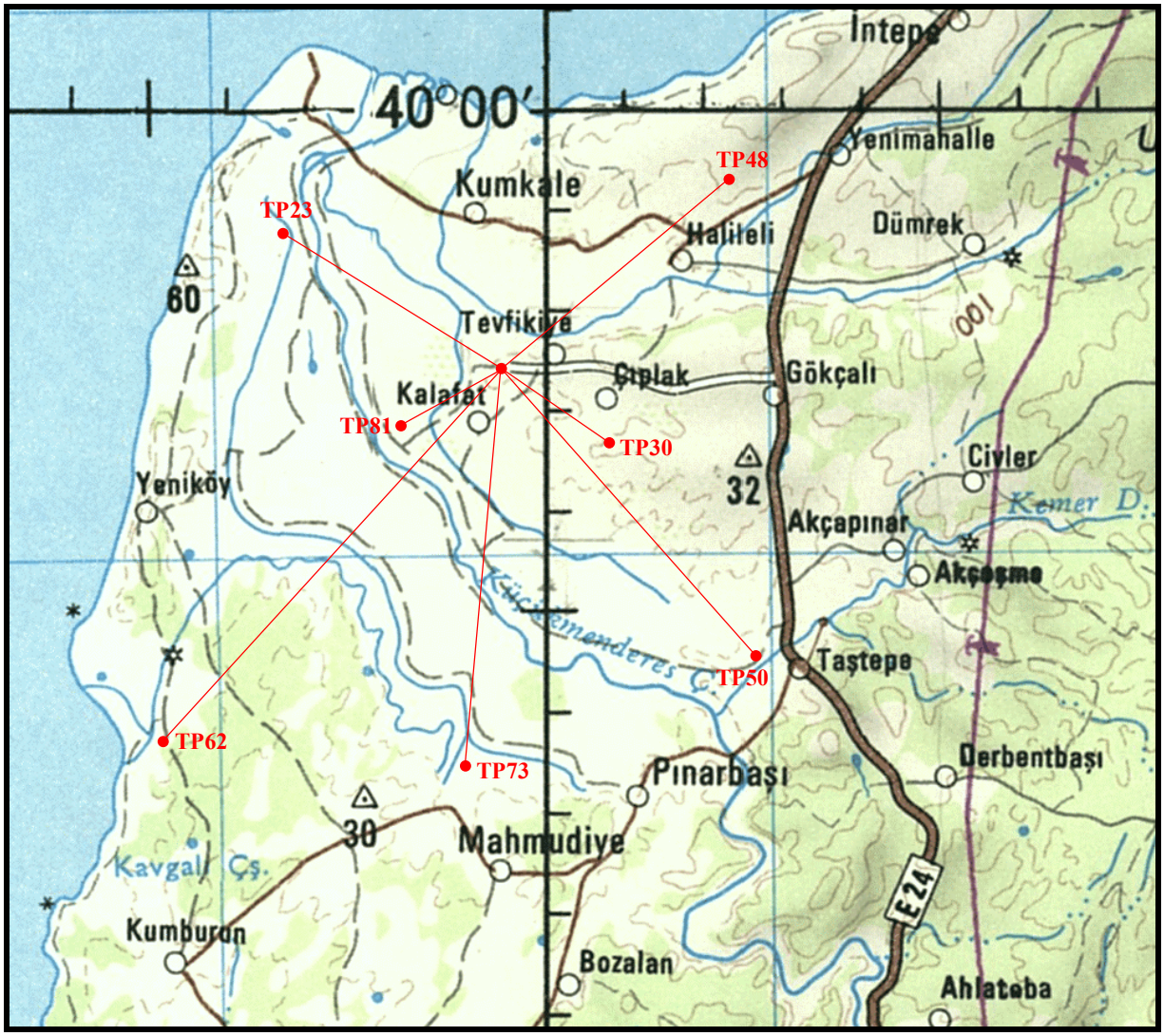
PNR	*IRTF* *(Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian)*		
	Rechtswert	**Hochwert**	**ortho. Höhe**
1700001	9436617,846	4423931,976	35,125
1700002	9436535,589	4424000,800	31,872
1700003	9436571,849	4424059,512	30,870



Netzskizze Neolitische Siedlung

Türkische TP

PNR	*IRTF* (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°-Meridian)			*Türkisches Landessystem*	
	Rechtswert	**Rechtswert**	**Rechtswert**	**Rechtswert**	**Rechtswert**
1100023	9431407,695	4427277,359	11,359	431449,752	4427465,306
1100030	9436749,479	4423436,880	54,068	436791,485	4423624,817
1100048	9439181,243	4428206,974	59,744	439223,260	4428394,908
1100050	9439559,765	4419612,086	37,661	439601,747	4419800,047
1100062	9429495,106	4419136,425	16,650	429537,142	4419324,422
1100073	9434974,974	4418032,658	16,125	435016,982	4418220,630
1100081	9432611,084	4423755,338	11,048	432653,149	4423943,314



Netzskizze TP

7.4. HÖHLENVERMESSUNG

7.4.1. VORGEFUNDENE BEDINGUNGEN

Die Quellhöhle „***KASKAL.KUR***“ ist ein künstlich angelegtes Gangsystem, dass als Wasserreservoir diente. Die Höhle besteht aus sechs Gängen:

Der Zugang zur Höhle wurde als **Gang I** bezeichnet. Er ist etwa 15 m lang und 5 m breit, in der Decke gibt es eine Brunnenöffnung. An den meisten Stellen kann man bequem stehen. Von Gang I zweigen die Tunnel II, III und IV ab. Im Bereich der Abzweige ist Gang I domartig erweitert. Obwohl er gerade wirkt, beschreibt Gang I eine leichte Linkskurve. Der Boden war zum Zeitpunkt der Vermessung vollständig mit Holzplanken ausgelegt.

Gang II zweigt etwa rechtwinklig von Gang I nach links ab und ist rund 10 m lang. Er verengt sich von gut 3 m am Abzweig von Gang I auf knapp 2 m am Ende. Im Eingangsbereich ist er geschätzte 1,8 m hoch, verjüngt sich dann auf unter 1 m und endet in einer domartigen Erweiterung mit Brunnenschacht. Im Dombereich gibt es eine runde, mit Wasser gefüllte Vertiefung. Gang II beschreibt eine langgezogene Rechtskurve. Im Dombereich zweigen die Gänge V und VI ab, die Verbindungen zu diesen Gängen sind bis auf einen engen Durchgang zugemauert. Auch Gang II war vollständig mit Holzplanken ausgelegt.

Gang III ist die linke Verlängerung des Haupttunnels I. Er ist rund 10 m lang und von Anfang an nur knapp schulterbreit, nach hinten hin verengt er sich noch etwas. Im Eingangsbereich kann man noch so eben stehen, im hinteren Bereich ist dies nur noch sehr keinen Personen möglich. Der Gang beschreibt erst eine leichte, langgezogene Krümmung nach links und anschließend eine Rechtskurve. Im Anfangsbereich war der Gang mit Holzplanken ausgelegt, weiter hinten stand man direkt im schlammigen Boden.

Gang IV ist die rechte Verlängerung von Gang I. Er ist gut 15 m lang und noch schmaler als Gang III. Im Eingangsbereich kann man gut stehen, im hinteren Bereich nimmt die Ganghöhe erheblich ab. Der Gang beschreibt mehrere enge Knicke, im hinteren Bereich zweigen weitere kurze Tunnel ab, in die nur sehr kleine Personen reinkriechen können. Der Boden des Ganges war schlammig. Leider gelang es nicht in dem engen Tunnel ein Stativ aufzustellen, so konnte nur der erste Abschnitt aufgenommen werden.

Gang V ist die Verlängerung von Gang II, er geschätzte 20 m lang, sein Eingangsbereich ist bis auf einen schmalen Durchgang zugemauert. Durch den Durchgang passt so gerade eben ein Theodolitenkoffer. Die Breite beträgt am Anfang rund 2 m, zum Ende hin verengte sich der Gang auf knapp 1 m. Im Anfangsbereich kann man meist aufrecht stehen, im Endbereich muss man den Kopf einziehen. Der Gang beschreibt erst eine weite Rechtskurve, knickt dann scharf nach links ab und beschreibt eine langgezogene Linkskurve. Der Gang war mit Wasser gefüllt, da er ein Gefälle hat nahm der Wasserstand von knietief am Anfang bis trocken am Ende ab.

Gang VI zweigt etwa rechtwinklig rechts von Gang II ab. Er ist nur über einen schmalen Durchgang erreichbar, der mit dem Zugang zu Gang V vergleichbar ist. Er ist geschätzte 105 m lang, wovon die ersten 27 m schnurgerade verlaufen. Er ist weniger als 2 m hoch und knapp 1 m breit. Der Gang war mit Wasser gefüllt, wobei durch das Gefälle die Wassertiefe von gut knietief am Anfang bis trocken im hinteren Bereich abnahm. Da es nicht möglich war im Gang selber ein Instrument aufzustellen, konnte nur die ersten 27 m aufgenommen werden.

7.4.2. DISKUSSION DER PROBLEME → LÖSUNGEN

Aus den oben angerissenen Verhältnissen ergaben sich folgende Probleme:

- Die Festpunkte konnten nicht vermarkt werden, da der Untergrund entweder mit Holzplanken ausgelegt war, die keine ausreichende Lage- und Höhenstabilität gewährleisten konnten; mit Schlamm bedeckt war, so dass die Vermarkung schon nach kurzer Zeit nicht mehr sichtbar gewesen wäre oder mit Wasser bedeckt war, was eine Vermarkung unmöglich machte.

Lösung: Die horizontierten Stative selbst dienten als temporäre Polygonpunkte – dies war möglich, da fünf Dreibeine zur Verfügung standen. Die Stative wurden mit äußerster Sorgfalt aufgebaut und horizontiert. Ein weiteres Problem ergab sich daraus, das die Passage der Stative in den extrem schmalen bzw. niedrigen Gängen teilweise zur akrobatischen Übung ausartete und ein *nicht berühren* der Dreibeine daher extrem schwierig und nicht immer mit Sicherheit gewährleistet werden konnte.

- Es konnte kein gestützter Polygonzug gemessen werden, da in den meisten Gängen kaum *ein* Standpunkt zu finden war, der ausreichende Sichten zum vorausgehenden und nachfolgenden Polygonpunkt aufwies.

Lösung: Die Polygonpunkte wurden in mehreren Vollsätzen gemessen. Auf Punkten, die länger als einen Tag standen, wurden mehrfach Messungen durchgeführt. Zusätzlich wurden Nägel in die Höhlenwände eingebracht, die von möglichst vielen Punkten in 2 Lagen aufgenommen wurden – die Strecken zu den Nägeln wurden reflektorlos gemessen.

- Die Lichtverhältnisse waren ortsbedingt sehr schlecht.

Lösung: Außerhalb der Höhle wurde ein Dieselaggregat aufgebaut, welches über Verlängerungskabel zwei 300 Wattstrahler mit Strom versorgte. Diese Strahler wurden aus Unfallverhütungsgründen allerdings *nicht* in den mit Wasser gefüllten Gängen eingesetzt, dort mussten Taschenlampen als Lichtquellen genügen.

7.4.3. MESSUNG

7.4.3.1. VORHERIGE VERMESSUNGEN

Bereits im Jahr 1999 wurde die Höhle vermessen. Damals standen allerdings nur eine handelsüblicher Kompass mit ca. 5° Ablesegenauigkeit und ein Maßband zur Verfügung. Das Vorgehen bei der Vermessung war wie folgt:

- Es wurden lange Nägel in die Wände eingebracht (die Köpfe der Nägel entsprachen den Polygonpunkten).
- Die Nägel wurden mir Maurerschnur verbunden (die Schnüre entsprachen den Polygonseiten).
- Die Richtung der Schnüre wurde mit dem Kompass gemessen, die Länge mit dem Maßband, die Horizontierung der Schnüre erfolgte mittels Lot und Geodreieck.
- Auf den Schnüren wurden 1 m Strecken mit dem Maßband abgetragen und das Lot zur Höhlenwand gemessen.

Die Detailgenauigkeit dieser Vermessung wird sicher im Zentimeter-Bereich liegen, die globale Genauigkeit wohl eher im Bereich mehrere Dezimeter.

7.4.3.2. GEODÄTISCHE VERMESSUNG

Der Genauigkeitsanspruch war von Seiten des Grabungsleiters nicht genau definiert. Eine globale Genauigkeit von unter zehn Zentimetern auch in den hintersten Bereichen der Höhle zu unterschreiten, erschien realistisch.

Zur Durchführung der Vermessung standen der Tachymeter TCR 705, fünf Stative, vier Rundprismen und präzise Lote mit Röhrenlibelle (alles von Leica); zwei ein Meter lange Wasserwaagen, Anglerhosen und mehrere Zollstöcke zur Verfügung.

Vorgehensweise bei der Höhlenvermessung

Portalnetz

Vor der Höhle waren drei betonierte Rasterpunkte vorhanden, leider war von keinem dieser Punkte mehr als ein Anschlusspunkt sichtbar. Es wurde ein neuer Betonpunkt (PNr. 100036) angelegt der im Zuge der GPS-Messungen innerhalb Troias mit besetzt wurde. Die Anforderungen an diesen Punkt waren wie folgt definiert:

- Optimale Sicht in die Höhle,
- Gute Sichtverbindungen zu mindestens zwei troianischen Festpunkten.

Der Punkt 100036 liegt gut 15 m vom Höhleneingang entfernt, was auf Grund der großen Temperaturunterschiede (Außentemperatur > 30°C ab 8 Uhr, Höhlentemperatur konstant bei etwa 16°C) zu Refraktionsproblemen führte. Die Lösung des Problems lag in dem Rasterpunkt (PNr. 1003) der unmittelbar vor dem Höhlenmund lag. Dieser Punkt wurde mit in das Portalnetz aufgenommen. Außerdem wurden die Messungen vor 8 Uhr durchgeführt, um die Refraktionseffekte minimal zu halten.

Polygonzug

Der Polygonzug wurde sukzessive gemessen. Es erfolgte keine Vermarkung, allein die horizontierten Stative repräsentierten die Punkte. Um eine eventuelle Veränderung eines Punktes nachweisen zu können wurden auf Punkten die länger als einen Tag standen mehrfach Messungen durchgeführt.

Die Messung der Polygonpunkte erfolgte in mehreren Vollsätzen. Zur Stabilisierung des Polygonzuges wurden Nägel in die Höhlenwand eingebrachte, die Nägel wurden reflektorlos aufgenommen.

Die Hauptkriterien bei der Auswahl der Polygonpunkte waren die Sicht zwischen den Polygonpunkten und die Sichtbarkeit des aufzunehmenden Höhlenabschnitts.

Kurzbeschreibung der Polygonpunkte (Links-, Rechtsangaben sind immer aus Sicht eines *in* die Höhle gehenden Betrachters beschrieben):

100036 außerhalb der Höhle mit Sicht zu den Fernzielen. Problemlose Aufstellung auf festem Boden. Beobachtung der Punkte 100001, 100005 (Fernziele), 1003,1002 und 1011.

1003 unmittelbar vor dem Höhlenmund. Problemlose Aufstellung auf festem Boden, Beobachtung der Punkte 100036 (Orientierung), 1002 und 1003. Topographische Aufnahme des Höhlenmundes und der linke Seite des Ganges I .

1002 im Dombereich von Gang I. Gute Sicht in die Gänge I, II und III. Recht breitbeinige Aufstellung mit Fixierung der Stativbeine im Fels. Orientierung über die Punkte 100036 und 1003, topographische Aufnahme von Gang I (rechte Seite) und der vorderen Bereiche der Gänge II und III, sowie des Eingangsbereichs von Gang IV.

1004 im niedrigen Teil von Gang II. Sicht zu den Punkten 1002 und 1006. Sehr breitbeinige Aufstellung, mit Fixierung der Stativbeine im Fels. Zur Passage musste man unter dem Stativ durchrobben. Da beim Unterqueren des Instruments immer die Gefahr bestand an das Stativ zu stoßen, wurde bei der Polygonierung erst der Punkt 1002 in mehreren Lagen und dann der Punkt 1006 in mehreren Lagen angezielt. Orientierung über Punkt 1002, topographische Aufnahme großer Bereiche von Gang II.

1005 extrem schwieriger Punkt in Gang III. Nach dem Aufstellen war das Passieren des Instrumentes fast unmöglich. Obwohl die Stativbeine nur minimal ausgefahren waren, konnte das Fernrohr nicht mehr durchgeschlagen werden. Auch das Anvisieren des Orientierungspunkts 1002 war nicht möglich. Die Orientierung erfolgte daher durch mehrfaches Einweisen des sichtbaren Lasers in einer Lage. Anschließend wurde der hintere Teil von Gang III aufgenommen. Auf Grund der kurzen Zielweiten besteht Grund zur Annahme, dass trotz der schlechten Orientierung die Genauigkeitsanforderungen eingehalten wurden.

1006 im Dombereich von Gang II. Breitbeinige Aufstellung über dem runden Wasserbecken, Fixierung der Stativbeine im Fels. Orientierung über Punkt 1004, topographische Aufnahme des Dombereichs und Gang VI - soweit es möglich war.

1007 extrem schwieriger Punkt im Eingangsbereich zu Gang V. Ein Stativbein wurde annähernd waagerecht im hochgemauerten Eingangsbereich fixiert, die anderen Beine mussten fast senkrecht stehen, um den Einstieg in Gang V nicht unmöglich zu machen. Die Sicht zum Punkt 1008 war nur ganz knapp möglich. Orientierung über Punkt 1006, topographische Aufnahme des Durchgangs zu Gang V.

1008 im vorderen Bereich von Gang V. Stativ stand im Wasser, die Lichtverhältnisse waren schlecht, da die Strahler nur noch im Durchgang einsetzbar waren. Orientierung über Punkt 1007, topographische Aufnahme des vorderen Bereichs von Gang V - etwa bis zum Knick.

1009 im Bereich des scharfen Linksknicks von Gang V. Stativ stand im Wasser, die Lichtverhältnisse waren schwierig, die Passage des Gerätes war recht problemlos. Orientierung über Punkt 1008, topographische Aufnahme des mittleren Teils von Gang V.

1010 im hinteren Bereich von Gang V. Stativ stand im Wasser, die Lichtverhältnisse waren schwierig, die Passage des Gerätes war recht problemlos. Orientierung über Punkt 1009, topographische Aufnahme des hinteren Teils von Gang V.

1011 im Eingangsbereich von Gang IV. Stativ stand im Matsch. Orientierung über die Punkte 100036 und 1003, Streckenmessung zu Punkt 1002 (Anzielung auf Grund des zu geringen Abstands nicht möglich). Topographische Aufnahme von Gang IV - so weit es möglich war.

Die Höhlenvermessung im Bild

Punkt 100004

Punkt 100006

Punkt 100007

Topographische Aufnahme

Die topographische Aufnahme der Höhle erfolgte nach dem Prinzip der Bauaufnahme: in einem Längsschnitt durch jeden Gang, sowie je mindestens einem Profil. Beim Längsschnitt wurde das Niveau der letztjährigen Kompass-Vermessung angenommen, dies wurde per Wasserwaage von Punkt zu Punkt übertragen.

Die topographisch aufgenommenen Punkte wurden temporär mit Kreidekreuzen gekennzeichnet und in einer Feldskizze dargestellt. Die Punktaufnahme erfolgte reflektorlos, bei sehr flachen Anzielungen wurde der Zollstock rechtwinklig auf die Mitte des Kreidekreuzes gehalten, um die Reflexion zu verbessern und Streckenfehler zu vermeiden

War die Anzielung eines Punktes durchs Fernrohr nicht möglich, erfolgte die Aufnahme unter zu Hilfenahme des sichtbaren Laserstrahls. Wenn die direkte Anzielung der Höhlenwand nicht möglich war, ist ein Exzentrum auf den Zollstock gemessen worden (das Exzentrum konnte vom Beobachter direkt abgelesen werden).

7.4.4. AUSWERTUNG

7.4.4.1. POLYGONZUG

Der Polyzug wurde getrennt nach Lage und Höhe mit NETZ2D und HEIDI ausgeglichen.

Lageberechnung

Im ersten Schritt wurden die Satzwinkel reduziert und die mehrfach gemessenen Strecken gemittelt. Die reduzierten Satzwinkel und gemittelten Strecken wurden nach NETZ2D eingeführt, dabei wurden Satzmessungen des selben Punktes von unterschiedlichen Tagen als unabhängige Beobachtungen behandelt.

Höhenberechnung

Die mehrfach gemessenen Höhenunterschiede wurden in einer selbstgeschriebenen Excel-Tabelle gemittelt. Die gemittelten Höhenunterschiede wurden nach HEIDI eingeführt, dabei wurden Höhenunterschiede des selben Punktes von unterschiedlichen Tagen als unabhängige Beobachtungen eingeführt.

7.4.4.2. TOPOGRAPHISCHE PUNKTE

Die topographischen Punkte wurden getrennt nach Lage und Höhe mit selbst geschriebenen Excel-Dokumenten berechnet.

Graphische Darstellung

Die 3D Daten wurden mit AutoCAD 2000 graphisch dargestellt, der Import der Punkte erfolgte über Autoterrain. Die Ausarbeitung der AutoCAD-Zeichnung wurde von Katharina Peisker vorgenommen.

7.4.5. ERGEBNISSE

7.4.5.1. POLYGONZUG

Ergebnis der Netz2D Ausgleichung

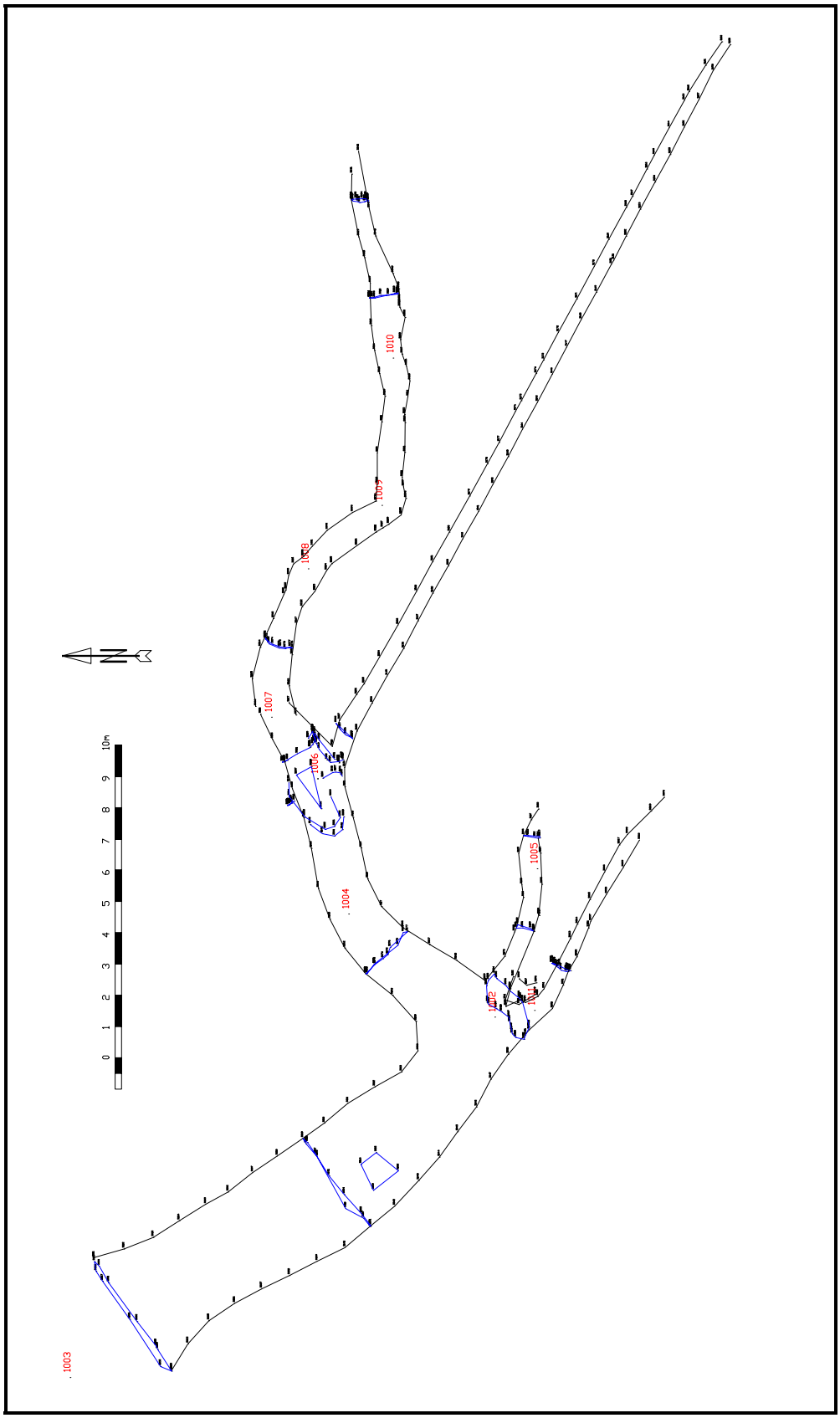
PNR	Hochwert	Rechteswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*	Bem.
1002	9091,54858	10510,33111	0,338	0,351	0,487	Polygon-Punkte
1003	9080,01871	10523,99929	0,330	0,345	0,477	
1004	9094,84603	10515,04568	0,401	0,460	0,610	
1005	9096,29809	10508,98372	0,547	0,413	0,685	
1006	9099,17253	10516,04170	0,479	0,539	0,721	
1007	9101,14449	10517,52549	0,498	0,615	0,791	
1008	9105,89052	10516,34523	0,554	0,807	0,979	
1009	9107,91956	10513,97451	0,563	0,921	1,080	
1010	9112,62599	10513,61904	0,670	1,198	1,373	
1011	9091,76388	10509,07118	0,368	0,371	0,522	
2001	9092,06689	10513,15389	0,379	0,450	0,588	Hilfs-Punkte
2003	9096,87308	10514,82244	0,459	0,497	0,677	
2004	9096,51886	10515,95568	0,502	0,504	0,711	
2006	9105,18691	10517,07609	0,561	0,776	0,958	
2007	9104,05950	10517,52611	0,561	0,729	0,920	
2008	9110,12031	10513,23798	0,656	1,048	1,236	
100001	9234,60217	10746,60820	0,244	0,247	0,347	Anschluss-Punkte
100005	9232,14058	10618,97001	0,235	0,207	0,313	
100036	9065,50569	10541,36481	0,256	0,249	0,357	

Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

PNR	*Höhe*	*Genau mm*	*Bemerkung*
1002	14,9926	0,4	Polygon-Punkte
1003	13,9615	0,3	
1004	15,1579	0,5	
1005	15,5154	0,8	
1006	15,3980	0,6	
1007	15,6991	0,6	
1008	15,2746	0,7	
1009	15,3043	0,7	
1010	15,4137	0,8	
1011	15,1585	0,5	
2001	14,5720	0,6	Hilfs-Punkte
2002	14,6053	0,9	
2003	14,9323	0,7	
2004	14,9177	0,7	
2005	14,9542	0,9	
2006	15,3202	0,7	
2007	15,3787	0,7	
2008	15,4219	0,8	
2009	15,0037	1,0	
100036	14,0560	Anschluss-Punkt	

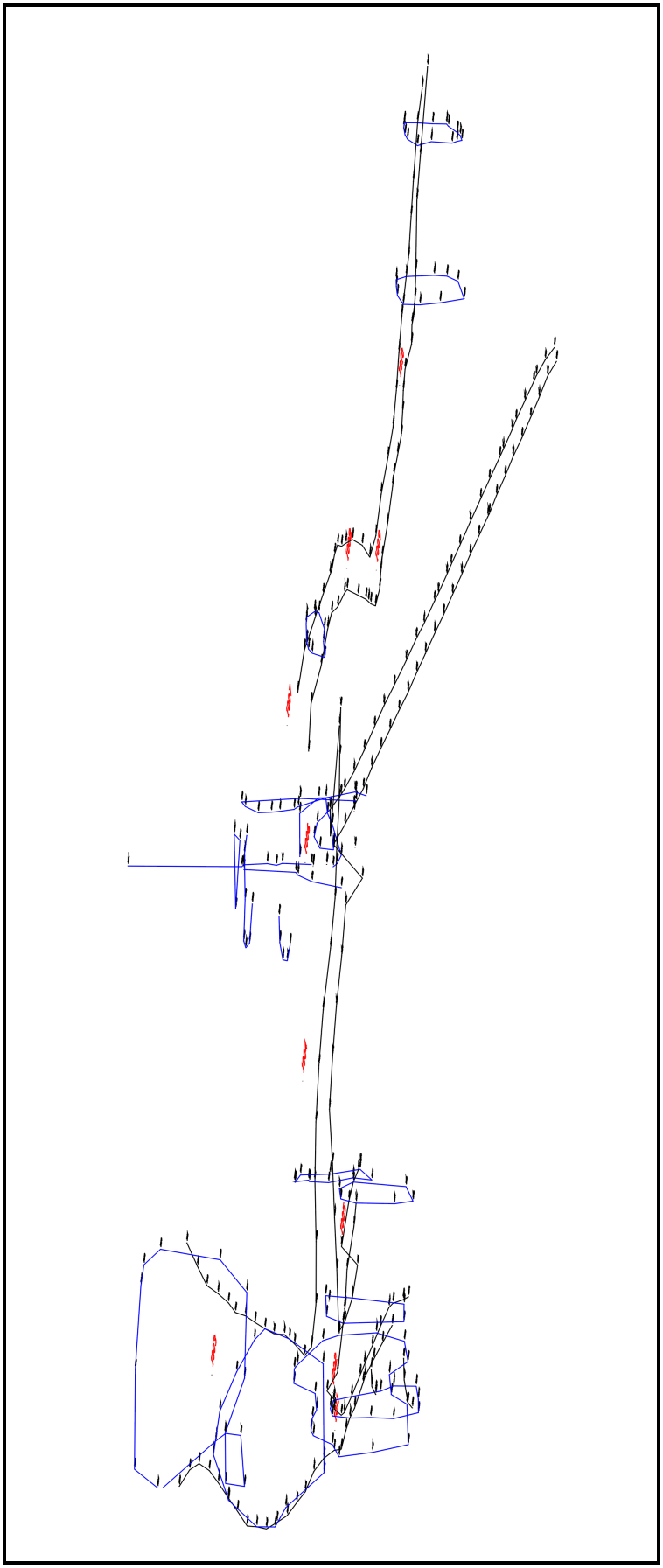
Die Ergebnisse haben die Erwartungen bei weitem Übertroffen. Insbesondere die hohe Genauigkeit der Hilfspunkte, zu denen die Strecken reflektorlos gemessen wurden, geben Grund zur Annahme, dass auch die topographische Aufnahme sehr viel genauer ist als die erst angenommenen 10 cm.

7.4.5.2. TOPOGRAPHISCHE AUFNAHME



AutoCAD -Zeichnung der Höhle (Draufsicht, genordet)[6)]

6) Soweit von mir bearbeitet, die weitere Ausarbeitung wurde von Katharina Peisker durchgeführt, die mich wesentlich bei der Messung unterstützte



AutoCAD-Zeichnung der Höhle (Südansicht)[6)]

8. PROJEKT UDABNO

8.1. EINLEITUNG

Kaukasien stellt ein Randgebiet des altorientalischen Kulturgebietes dar. Die kulturelle Entwicklung im Chalkolithikum und in der Bronze- und Eisenzeit ist daher unmittelbar mit der in den klein- und vorderasiatischen Ländern verbunden.

Jüngste Entdeckungen lassen einen starken Einfluss der altorientalischen Zivilisation im Kaukasus bereits um die Wende vom 2. zum 1. Jt. v. Chr. vermuten. Dafür sprechen einheitlich geplante Siedlungen, die durch Luftaufnahmen, in der Steppe zwischen den Flüssen Iori und Mtkwari (Kür) in der *Dadib-Gardschi-„Udabno*“ (Wüste) in Ostgeorgien entdeckt wurden.

Die Siedlungen in *Udabno* sind auf einzelne Gruppen verteilt. Jede Gruppe besteht aus einer zentralen Siedlung und mehreren kleinen Satellitensiedlungen. Die Zentralsiedlung einer dieser Siedlungsgruppen ist unter dem Namen „*Naomarie Gora*“ bekannt. Die Siedlung ist einen Kilometer lang und war auf einen Berghang gebaut. Westlich auf einer Erhöhung war eine Zitadelle errichtet worden. Im Osten der Zitadelle liegt ein kleiner Hügel, der den höchsten Punkt der Siedlung markiert. In seinem Zentrum liegt ein keines Haus, in dem viel Asche und Steinbruchstücke mit Feuerspuren gefunden wurden.

Das Wort „*Naomarie Gora*“ bedeutet „Hügel, auf dem eine Schlacht stattfand“. Er bezieht sich mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Ereignisse aus dem 4. Jh. v. Chr., entsprechende Gräber wurden im Südteil der Siedlung, auf einer Terrasse, außerhalb der Mauern gefunden.

Das Udabnogebiet ist von Natur aus ungünstig für die Landwirtschaft. Auch Bewässerung erscheint an dem hügeligen Ort hoch über dem Wasserniveau der Flüsse Iori und Mtkwari nicht möglich. Ortsnamen wie „*Rkinis Mta*“ (Eisenberg) und Eisenerzfunde deuten darauf hin, dass in *Naomarie Gora* Eisen produziert wurde. Im Auftrag der Archäologie arbeitete in *Udabno* jahrelang eine größere Gruppe von Wissenschaftlern vom Institut für Geologie der Georgischen Akademie der Wissenschaften. Die Ergebnisse lieferten weitere Hinweise auf Eisenproduktion.

Paläontologische Untersuchungen des Bodens und der Kulturschichen der Siedlungen von *Udabno* zeigen, dass in der Gegend am Ende des 2. und zu Beginn des 1. Jt. v. Chr. dichte Wälder standen. Diese wurde zur Mitte des 1. Jt. v. Chr. erst von Büschen und schließlich durch eine Grasdecke ersetzt. Das Leben blühte erst Mitte des 6. Jh. n Chr. wieder auf, als hier Klöster und weltberühmte Wandmalereien entstanden. Die Ursache der Verwüstung *Udabnos* kann mit der Abholzung der Wälder für die Eisenproduktion erklärt werden.

Die Gegend war über fast drei Jahrtausende unbelebt (man nutzte sie nur als Winterweide). Daher sind die archäologischen Fundorte unberührt erhalten geblieben.

[K. Pizchelauri, 1996]

8.2. MOTIVATION UND AUFGABENSTELLUNG

Der Fundort *Udabno* ist archäologisch wertvoll und soll in den nächsten Jahren weiter erforscht werden. Die Troianer pflegten ausgedehnte Handelsbeziehungen, die mitunter bis in den Kaukasus hineinreichten, daher haben auch die Archäologen vom Troia-Projekt ein besonderes Interesse an Forschungen in *Udabno*. Gemeinsam mit dem Team von Prof. Pizchelauri von der Universität in Tiflis, der schon seit Jahren in dieser Gegend forscht, wollen die Tübinger Wissenschaftler daher in den nächsten Jahren archäologische Ausgrabungen in *Udabno* vornehmen. Grabungsleiter ist Herr J.K. Bertram aus Tübingen.

In der Kampagne 2000 wurden die Grundlangen für die zukünftige Erforschung *Udabnos* geschaffen. Als Kooperationspartner sind dafür das ***Vermessungsbüro E. Messmer*** und die Geologen vom Büro GGH gewonnen worden.

Ziel der geodätischen Arbeiten in *Udabno* war es, ein dauerhaft vermarktes Festpunktfeld zu schaffen und nach Lage und Höhe zu bestimmen. Festpunkte früherer Vermessungen waren in das neu zu schaffende Netz zu integrieren, um auf die Ergebnisse jener Arbeiten aufbauen zu können. Ausgehend vom Festpunktfeld sollte ein dauerhaft vermarktes, nach Norden orientiertes Rasternetz geschaffen werden. Alle Rasterpunkte waren Höhenmäßig zu bestimmen. Der Einsatz geodätischer GPS-Empfänger ermöglichte darüber hinaus die Einschaltung der Fundstelle ins ITRF97.

Die Geologen erstellten Magnetogramme der Fundstellen. Dabei werden minimale Störungen im Magnetfeld der Erde gemessen. Die Anomalien im Erdmagnetfeld sind abhängig von den Materialien auf und unter der Erdoberfläche. Daher lassen die Magnetogramme Rückschlüsse auf das im Boden Verborgene zu.

Das Büro E. Messmer wird darüber hinaus die vorliegenden topographischen Pläne digitalisieren und georeferenzieren, um in Kooperation mit GGH ein digitales Geländemodell zu erstellen. Auf dieses sollen bestehende Luftbilder gelegt und eine Animation gerechnet werden.

GPS-Messung in Udabno

8.3. MESSGEBIET UND RAHMENBEDINGUNGEN

8.3.1. MESSGEBIET

Die Fundstellen liegen in der baumlosen, hügeligen Grassteppe des Udabnogebietes, das zur Nordost georgischen Provinz Kachitien gehört. Die zwischen den Flüssen Iori und Mtkwari (Kür) gelegene Landschaft befindet sich rund 50 Kilometer östlich der Hauptstadt Tibilisi (Tiflis).

Während der Kampagne 2000 galt das Augenmerk vor allem den als Udabno I – III bezeichneten Fundstellen (in der Einleitung Naomarie Gora genannt).

- ***Udabno I*** ist eine langgestreckte Struktur von gut 600 m Länge und 100 m Breite, die sich etwa 40 m über das umgebende Gelände erhebt. Die Längsachse verläuft etwa in nordwestlicher Richtung.
- ***Udabno II*** ist ein Hügel rund ein Kilometer nordöstlich von Udabno I. Er misst rund 200 m in der nordwestlich verlaufenden Längsachse und 100 m in der Querachse.
- ***Udabno III*** ist ein Hügel etwa 500 m nordöstlich von Udabno II. Er ist näherungsweise kreisrund mit einem Durchmesser von gut 100 m.

Die mittlere Höhe der Fundstelle beträgt rund 950 m.

Ungefähre Lage der Fundstelle *Udabno*

8.3.2. RAHMENBEDINGUNGEN

Während der Arbeiten in *Udabno*, vom 27. August bis 22. September 2000, wehte häufig ein stürmischer Westwind. Dieser blies zeitweise so heftig, dass nur ein sehr tiefes Aufbauen der Stative und zusätzliches Beschweren der Stativbeine mit großen Steinen den sicheren Stand gewährleistete. Bei den terrestrischen Messungen vibrierte manchmal das Zielfernrohr. Die Temperaturen lagen meist bei angenehmen 20 – 25 °C, es traten keine nennenswerten Refraktionseffekte auf.

Georgien ist ein armes Land mit schwacher Infrastruktur. Dies blieb nicht ohne Auswirkungen für die Arbeiten während der Kampagne 2000.

Schwierigkeiten bereitete vor allem die Stromversorgung. Netzstrom gab es nur während weniger Stunden täglich und auch dann war die Spannung oft nicht ausreichend hoch. Ein Dieselaggregat lieferte in den Abendstunden den, zum Laden der Akkus, notwendigen Strom. Auf Grund der Lärmentwicklung konnte dieses jedoch immer nur für eine begrenzte Zeit eingesetzt werden.

8.4. WAHL DES KOORDINATENSYSTEMS

Als Planungsunterlage standen Kopien eines topographischen Plans zur Verfügung. Das zu Grunde liegende Koordinatensystem war nicht bekannt, in der Örtlichkeit konnten jedoch einige Festpunkte identifiziert werden. Die Höhen der Festpunkte wurden aus dem Plan entnommen. Über den Höhenbezug lagen keine Erkenntnisse vor.

Bei der Wahl des Koordinatensystems brauchte keine Rücksicht auf alte Systeme genommen werden. Die bestehende topographische Aufnahme sollte digitalisiert werden, um sie über die identischen Punkte ins neu zu schaffende System zu integrieren. Als Höhenbezug waren die Höhen der Punkte des vorliegenden Plans zu übernehmen, um eine konsistente Datengrundlage zu schaffen.

Zur Netzmessung standen drei geodätische GPS-Empfänger (zwei Leica AT-302/SR9500, ein Leica SR399Intern), des Büros E. Messmer zur Verfügung. Dadurch konnten vor Ort Koordinaten im WGS84 berechnet werden. Zur Absteckung wurde ein Tachymeter (Leica TCR 705) der Universität Tübingen verwendet.

Die Berechnung einer ITRF-Punkteinschaltung bedingt einen nicht unerheblichen zeitlichen Aufwand. Der Bezug der notwendigen Daten aus dem Internet wäre – an der Universität in Tiflis – sicher möglich gewesen, hätte aber zusätzlich Zeit gekostet. Da der Zeitrahmen der Kampagne recht knapp bemessen war, wurde bereits in Deutschland entschieden, das Raster im WGS84 abzustecken und das gesamte Netz erst im Zuge der Nachbereitung an der Fachhochschule-Karlsruhe ins ITRF97 einzuschalten.

Für die geomagnetischen und archäologischen Arbeiten ist ein ebenes metrisches Koordinatensystem am Sinnvollsten. Die Koordinaten sind daher als Gauß-Krüger-Koordinaten auf dem WGS84-Ellipsoid, bezogen auf den 45° Meridian berechnet worden.

8.5. MESSABLAUF

Die Netzmessung erfolgte mittels GPS. Im ersten Schritt wurden alle vorgefundenen Festpunkte aufgenommen. Dies sind Betonpunkte, deren Zentrum Moniereisen repräsentierten. Teilweise waren die Moniereisen leicht verbogen, unabhängig davon wurde immer die Mitte der Eisen als Punktmittelpunkt angenommen. Das so beobachtete Netz wurde in Absprache mit dem Grabungsleiter, durch neue Punkte ergänzt, die im Anschluss ebenfalls mit GPS beobachtet wurden. Die Beobachtung der vorgefundenen Punkte und das Setzen der neuen Netzpunkte erfolgte weitgehend parallel. Dipl.-Ing. E. Messmer, sein Sohn Marcial und dessen Freund Gregor waren maßgeblich an Messungen beteiligt.

Die Fundstelle ist mit einer nur recht dünnen Humusschicht bedeckt, so dass wir beim Setzen der Punkte unweigerlich auf die Mauerreste der ehemaligen Bebauung stießen. Dies erschwerte das Setzen der Punkte. Für die Erstellung eines Fest- oder Rasterpunktes wurden im Schnitt rund 40 Minuten benötigt.

Als Referenzpunkte für die GPS-Messungen wurden zwei vorhandene Festpunkte Ausgewählt - Punkt 100103 in Udabno I und Punkt 100301 in Udabno III. Die Beobachtungszeit wurde auf 20 Minuten festgesetzt, die Trackingrate mit 15 Sekunden. Der Zeitunterschied zwischen der Erst- und der Zweitbesetzung der Punkte sollte größer als eine Stunde sein.

Zum Anschluss des Netzes an das ITRF97 wurde am 02.09. / 03.09.2000 auf dem Referenzpunkt 100301 in Udabno III eine 24-Stunden-Messung durchgeführt. Zu unserem Schutz - und dem der Ausrüstung - waren während dieser Messung zwei bewaffnete georgische Polizisten anwesend. Diese Sicherheitsmaßnahme konnte nur einmalig und für einen Punkt gewährt werden. Zur Kontrolle wurde am 04.09. / 05.09.2000 auf dem Grundstück des Grabungshauses in Sagaredzo eine weite 24-Stunden-Messung durchgeführt. Dort war die Sicherheit der Ausrüstung auch ohne Polizeischutz gewährleistet. Auf Grund umliegender Bebauung und Vegetation musste auf diesem Punkt jedoch mit Abschattungen und Mehrwegeffekten gerechnet werden. Von einer simultanen Besetzung beider ITRF-Punkte wurde Abstand genommen, da Befürchtungen bestanden, die Kapazität der Akkus könne nicht ausreichen. Die Baseline zwischen beiden Punkten wurde separat gemessen.

Die Absteckung der Rasterpunkte erfolgte terrestrisch. Dabei wurde der Messgehilfe erst zenitmetergenau eingewiesen. An der markierten Stelle baute er anschließend ein Stativ mit aufgesetztem Prisma auf. Das horizontierte Prisma wurde millimetergenau eingewiesen. Der Aushub des 50 – 80 cm tiefen Loches und die anschließen Betonierung des Punktes erfolgten unter dem aufgebauten Stativ. Nach Kontrolle der unveränderten Lage des Prismas, wurde der Zentrumsnagel durch das optische Lot eingewiesen. Diese Technik geht zurück auf Dipl.-Ing. E. Messmer.

Auch die Höhenaufnahme der Rasterpunkte erfolgte terrestrisch. Teilweise heftiger Wind erschwerte diese Arbeit. Um eine Genauigkeit von besser als 1,5 Zentimeter zu erreichen, wurde die Messung in 2 Lagen durchgeführt. Jeder Punkt wurde von mindestens zwei unabgängigen Standpunkten aufgenommen.

Polizeischutz während der 24-Stunden-Messung in Udabno

8.6. AUSWERTEABLAUF

Alle GPS-Beobachtungen wurden vor Ort mit SKI und NETZ2D im WGS84 ausgewertet. Die Netz2D-Ausgleichung erfolgte im Gauß-Krüger-Koordinatensystem, auf dem 45° Bezugsmeridian. Es wurde ein Ingenieurnetz gerechnet, in dem zusätzlich terrestrisch gemessene Horizontalstrecken den Netzmaßstab im Grabungshorizont (950 m) festlegen.

Die Festpunkte wurden als ASCII-File in DeCAD eingelesen und über das Austauschformat DXF nach AutoCAD importiert. In AutoCAD erfolgte die Erzeugung eines 50-Meter-Rasters. Anhand der AutoCAD-Zeichnung wurden im Feld die zu vermarkenden Rasterpunkte ausgewählt. Insgesamt wurden 56 Rasterpunkte vermarkt. Die Schaffung eines engermaschigen Rasters scheiterte am Aufwand.

Die ITRF-Punkteinschaltung wurde an der Fachhochschule-Karlsruhe mit der Berner GPS-Software 4.2 berechnet (siehe Kapitel 4 „Berner GPS Software“). Im Anschluss erfolgte die Auswertung des GPS-Netzes mit Leica SKI-Pro (L_1/L_2-Standard-Lösung, globales Ionosphärenmodell, Punkt 100301 mit Koordinaten aus BS-Auswertung fixiert) und NETZ2D. Die Auswertungen im ITRF97 und WGS84 wurden durch eine Helmert-Transformation miteinander verglichen.

Die Auswertung der Höhenaufnahme erfolgte mit HEIDI. Zuvor wurden die Satzmessungen mit einer selbstgeschriebenen Excel-Tabelle gemittelt und Näherungshöhen berechnet. Die Ausgleichung erfolgte in zwei Schritten. Erst wurden die, mit GPS bestimmten, Netzpunkte ausgeglichen, dabei dienten die Festpunkte der topographischen Aufnahme als stochastische Anschlusspunkte. Darauf aufbauend erfolgte die Ausgleichung der Rasterpunkte, für Udabno I – III getrennt.

8.7. ERGEBNISSE

8.7.1. ITRF-PUNKTEINSCHALTUNG

Zusammenfassung

Zur sicheren Durchführung der 24-Stunden-Messung im Grabungsgebiet *Udabno* bedurfte es bewaffneten Polizeischutzes, aus diesem Grund konnte die Messung nur einmal durchgeführt werden. Als Nachbarschaftskontrolle wurde die 24-Stunden-Messung am Grabungshaus in Sagaredzo durchgeführt. Dort konnte der Empfänger ohne Bedenken unbeobachtet stehen gelassen werden. Auf Grund der unzuverlässigen Stromversorgung konnte leider nicht die volle Kapazität der mitgeführten Akkus ausgenutzt werden. Auch die Solarpaneels waren nicht in der Lage dieses Manko zuverlässig auszugleichen. Um einen Stromausfall während der 24-Stunden-Messung zu vermeiden wurden die Punkte UDAB (100301) und SAGA nicht simultan besetzt.

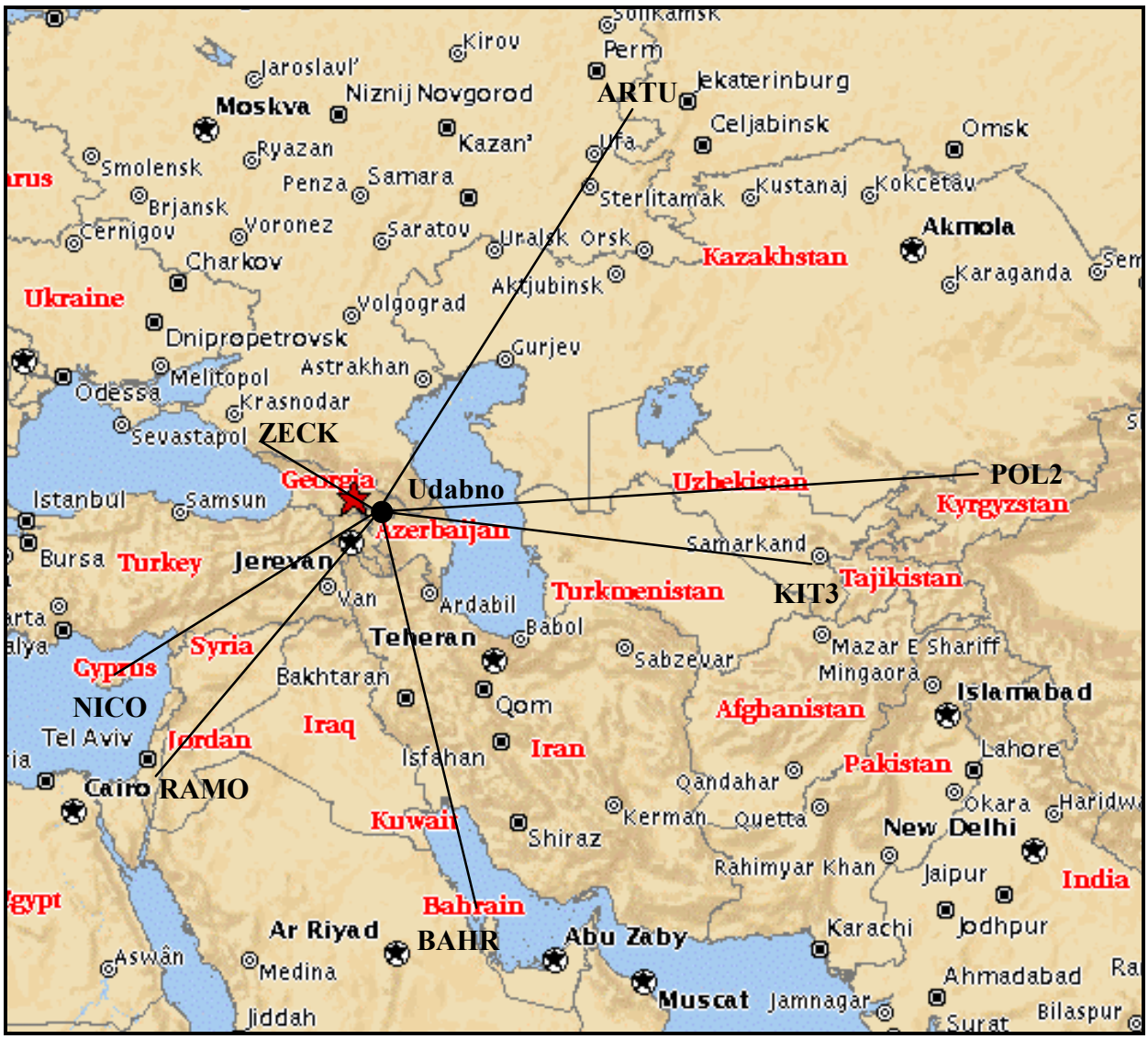
Die Baseline zwischen den beiden ITRF-Punkten wurde gesondert gemessen. Da der Punkt SAGA reinen Kontrollcharakter hat, wurde auf eine gemeinsame Auswertung des Netzes in ADDNEQ verzichtet.

Am 02.09.2000, dem Tag, an dem die 24-Stunden-Messung im Grabungsgebiet von Udabno vorgenommen wurde, sendete der Satellit 15 unbrauchbare Code- und Phasensignale aus (siehe auch 4.7.2.8 „Satelliten Problem File“). Aus diesem Grund mussten die entsprechenden Messungen aus den Beobachtungsfiles gelöscht werden. Dies geschah in SKI-Pro, der GPS-Software der Firma Leica (siehe auch Kapitel 6 „SKI-Pro“).

Um das Beobachtungsmaterial zu kontrollieren, wurde es in zwei 12-Stunden-Baselines zerlegt und mit der Berner GPS Software 4.2 ausgewertet. Anschließend erfolgte die Überprüfung der Daten mit GPS3D und die Genauigkeitsabschätzung mit NETZ2D und HEIDI. So konnte nachgewiesen werden, dass die Messungen nicht mit groben Fehlern behaftet waren und die Genauigkeit der ITRF-Punkteinschaltung besser als 4,5 mm in der Lage und 7,5 mm in der Höhe ist. Nach dem gesichert war, dass die Beobachtungen keine groben Fehler enthielten, wurde die endgültige Auswertung durchgeführt. Da die QIF-Strategie, bei den Messungen in Troia, der SIGMA-Strategie leicht überlegen war und darüber hinaus weniger Zeit in Anspruch nimmt, wurde ihr bei der Auswertung der Udabno-Daten der Vorzug gegeben. Die Beobachtungen wurden elevationsabhängig gewichtet.

Das Grabungsgebiet liegt in einer baumlosen Steppenlandschaft, womit Mehrwegeffekte am Punkt UDAB minimal sein dürften. Die Lage des Punktes SAGA, in unmittelbarer Nähe zu Bebauung und Bäumen, lässt es hingegen wahrscheinlich erscheinen, dass Mehrwegeffekte aufgetreten sind. Dies könnte die schlechten RMS-Werte in der MAUPRP erklären.

Übersichtskarte



Baselineübersicht: ITRF-Einschaltung Udabno (Skizze)

Verwendete IGS Stationen

Stationsbezeichnung (Nr.)		**Stationsname**	**Receiver**	**Antenne**
ARTU	(180)	Arti, Russische Förderation	Ashtech Z-XII3	ASH700936D_M
BAHR	(213)	Manama, Bahrain	Ashtech Z-XII3	ASH700936B_M
KIT3	(136)	Kitab, Usbekistan	AOA SNR-8000 ACT	AOAD/M_T
NICO	(163)	Nicosia, Zypern	AOA SNR-8000 ACT	AOAD/M_T
POL2	(137)	Bishkek, Kurdistan	Rogue SNR-8000	AOAD/M_T
RAMO	(215)	Mitzpe Ramon, Israel	Ashtech Z-XII3	ASH701945B_M
ZECK	(140)	Zelenchukskaya, Russland	Rogue SNR-8000	AOAD/M_T
SAGA	*(401)*	*Sagaredzo, Georgien*	*Leica SR 399*	*LEISR399_INT*
UDAB	*(40)*	*Udabno, Georgien*	*Leica SR 399*	*LEISR399_INT*

Ergebnisse aus CODSPP:

Udabno / 246'ter GPS-Tag

Station	**0-12 Uhr**		**12-24 Uhr**		**0-24Uhr**	
	RMS *m*	**Bad Obs.** *%*	**RMS** *m*	**Bad Obs.** *%*	**RMS** *m*	**Bad Obs.** *%*
ARTU	1,54	12,49	1,29	11,47	1,42	11,96
BAHR	0,85	1,28	0,87	1,10	0,87	1,19
KIT3	1,19	0,22	1,18	0,19	1,20	0,20
NICO	1,07	3,16	1,14	2,92	1,11	3,04
POL2	1,33	1,28	1,29	2,22	1,33	1,80
RAMO	0,73	7,95	0,95	7,06	0,86	7,50
ZECK	0,96	7,40	1,04	8,84	1,67	8,17
SAGA	1,46	0,00	1,77	0,00	1,03	0,00
Kampagne	Udab_Q1				Udab_Q2	

Sagaredzo/ 248'ter GPS-Tag

Station	**0-12 Uhr**		**12-24 Uhr**		**0-24Uhr**	
	RMS *m*	**Bad Obs.** *%*	**RMS** *m*	**Bad Obs.** *%*	**RMS** *m*	**Bad Obs.** *%*
ARTU	1,23	10,94	1,35	10,61	1,29	10,78
BAHR	0,69	1,25	0,87	0,84	0,78	1,05
KIT3	1,10	0,20	1,07	0,21	1,09	0,21
NICO	1,04	2,89	0,97	3,10	1,01	2,99
POL2	1,21	1,45	1,22	2,21	1,23	1,85
RAMO	0,82	8,01	1,06	7,53	0,93	7,77
ZECK	1,34	7,24	1,46	9,10	1,41	8,20
SAGA	1,05	0,00	1,16	0,00	1,12	0,00
Kampagne	Saga_Q1				Saga_Q2	

Ergebnisse der MAUPRP

Udabno/ 246'ter GPS Tag

Baseline[2)]	Baselinelänge *m*	0-12 Uhr		12-24 Uhr		0-24Uhr	
		RMS *mm*	Cycleslpis	RMS *mm*	Cycleslpis	RMS *mm*	Cycleslpis
UDAR	1.896.141,301	0,7	***531/531***	0,8	***822/822***	0,7	***1311/1311***
UDBA	1.771.891,030	1,0	4/4	1,0	2/2	1,0	6/6
UDKI	1.841.469,987	0,9	2/2	1,0	3/3	0,9	4/4
UDNI	1.216.767,267	0,9	26/26	0,9	30/30	0,9	52/52
UDPO	2.405.140,175	0,8	2/2	0,8	0/0	0,8	2/2
UDRA	1.542.676,007	0,9	1/1	0,9	2/2	0,9	3/3
UDZE	389.970,538	0,9	20/20	0,9	0/0	0,9	23/23
		Udab_Q1				Udab_Q2	

Sagaredzo/ 248'ter GPS Tag

Baseline[2)]	Baselinelänge *m*	0-12 Uhr		12-24 Uhr		0-24Uhr	
		RMS *mm*	Cycleslpis	RMS *mm*		RMS *mm*	Cycleslpis
SAAR	1.883.476,345	1,3	0/0	1,3	50/50	1,3	60/60
SABA	1.784.677,985	1,4	1/1	1,4	1/1	1,4	2/2
SAKI	1.841.041,166	1,3	4/4	1,3	2/2	1,4	5/5
SANI	1.269.552,113	1,3	29/29	1,3	26/26	1,3	52/52
SAPO	2.405.398,201	1,3	2/2	1,3	2/2	1,3	4/4
SARA	1.553.556,590	1,3	1/1	1,3	0/0	1,3	1/1
SAZE	382.021,904	1,3	1/1	***4,6***	0/0	***3,4***	1/1
		Saga_Q1				Saga_Q2	

2) Baselines:

UDAR: Udabno – Arti
UDBA: Udabno – Manama
UDKI : Udabno – Kitab
UDNI : Udabno – Nicosia
UDPO : Udabno – Bishkek
UDRA : Udabno – Mitzpe Ramon
UDZE : Udabno – Zelenchukskaya

SAAR: Sagaredzo – Arti
SABA: Sagaredzo – Manama
SAKI : Sagaredzo – Kitab
SANI : Sagaredzo – Nicosia
SAPO : Sagaredzo – Bishkek
SARA : Sagaredzo – Mitzpe Ramon
SAZE : Sagaredzo – Zelenchukskaya

Qif-Strategie

Udabno / 246'ter GPS Tag

QIF Schritt 1 (L_1 / L_2 – Lösung)

Baseline	0-12 Uhr			12-24 Uhr		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
UDAR	001	48/20 (58,3%)	2,5	002	46/16 (65,2%)	2,8
UDBA	003	44/44 (0,0%)	3,6	004	46/42 (8,7%)	3,7
UDKI	005	44/12 (72,7%)	2,2	006	42/10 (76,2%)	1,7
UDNI	007	48/18 (62,5%)	1,9	008	50/10 (80,0%)	1,7
UDPO	009	40/14 (65,%)	2,0	010	42/12 (71,4%)	1,7
UDRA	011	46/20 (56,5%)	2,6	012	48/24 (50,0%)	2,9
UDZE	013	42/12 (71,4%)	1,2	014	42/8 (80,9%)	1,1
Kampagne	Udab_Q1					

QIF Schritt 2 (L_3 – Lösung)

Baseline	0-12 Uhr			12-24 Uhr		
	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*
UDAR	015	3358351,7655 3395230,4887 4215019,6644	1,7	016	3358351,8064 3395230,5207 4215019,6884	2,2
UDBA	017	3358351,8258 3395230,5502 4215019,7347	1,2	018	3358351,8106 3395230,5345 4215019,7344	1,2
UDKI	019	3358351,7946 3395230,5312 4215019,7165	1,2	020	3358351,8050 3395230,5221 4215019,7222	1,2
UDNI	021	3358351,8160 3395230,5400 4215019,7364	1,2	022	3358351,8092 3395230,5404 4215019,7328	1,2
UDPO	023	3358351,7984 3395230,5374 4215019,7151	1,2	024	3358351,8075 3395230,5226 4215019,7141	1,2
UDRA	025	3358351,8253 3395230,5618 4215019,7457	1,5	026	3358351,7986 3395230,5541 4215019,7385	1,5
UDZE	027	3358351,8023 3395230,5327 4215019,7227	1,0	028	3358351,7982 3395230,5288 4215019,7201	1,0
Sessions	029	3358351,7923 3395230,5282 4215019,7180	1,6	030	3358351,8078 3395230,5425 4215019,7352	1,8
Kampagne	Udab_Q1					

QIF Schritt 1 (L_1 / L_2 – Lösung)

Baseline	**0-24 Uhr**		
	GPSEST.*	**Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)**	**A priori Sigma** *mm*
UDAR	001	80/20 (75,0%)	2,8
UDBA	002	76/74 (2,6%)	4,4
UDKI	003	74/12 (83,8%)	2,1
UDNI	004	84/22 (73,8%)	1,8
UDPO	005	74/14 (81,1%)	1,9
UDRA	006	80/24 (70,0%)	3,0
UDZE	007	78/14 (82,1%)	1,2
Kampagne	Udab_Q2		

QIF Schritt 2 (L_3 – Lösung)

Baseline	**0-24 Uhr**		
	GPSEST.*	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*
UDAR	008	3358351,7910 3395230,5053 4215019,6799	2,2
UDBA	009	3358351,8154 3395230,5347 4215019,7319	1,2
UDKI	010	3358351,8013 3395230,5250 4215019,7197	1,3
UDNI	011	3358351,8085 3395230,5365 4215019,7307	1,3
UDPO	012	3358351,8027 3395230,5270 4215019,7125	1,3
UDRA	013	3358351,8019 3395230,5545 4215019,7355	1,7
UDZE	014	3358351,7956 3395230,5252 4215019,7158	1,1
Session *(0,0001)*	015	3358351,7995 3395230,5365 4215019,7669	1,7
Session *(Fixed)*	016	3358351,7996 3395230,5369 4215019,7271	2,0
Kampagne	Udab_Q2		

Sagaredzo / 248'ter GPS Tag

QIF Schritt 1 (L_1 / L_2 – Lösung)

Baseline	0-12 Uhr			12-24 Uhr		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
SAAR	001	52/18 (65,4%)	2,2	002	50/18 (64,0%)	2,6
SABA	003	52/52 (0,00%)	3,0	004	44/42 (4,5%)	3,0
SAKI	005	48/16 (66,7%)	2,5	006	46/18 (60,9%)	2,3
SANI	007	58/26 (52,2%)	2,2	008	50/20 (60,0%)	2,4
SAPO	009	50/24 (52,0%)	2,2	010	46/20 (56,5%)	2,3
SARA	011	56/26 (53,6%)	2,6	012	48/30 (37,5%)	2,9
SAZE	013	48/22 (54,2%)	1,9	014	48/16 (66,7%)	1,9
Kampagne	Saga_Q1					

QIF Schritt 2 (L_3 – Lösung)

Baseline	0-12 Uhr			12-24 Uhr		
	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	X Y Z	A priori Sigma *mm*
SAAR	015	3351279,7335 3389248,9728 4225289,2722	1,9	016	3351279,7387 3389248,9751 4225289,2675	1,9
SABA	017	3351279,7773 3389249,0327 4225289,3454	2,0	018	3351279,7873 3389249,0311 4225289,3525	1,9
SAKI	019	3351279,7703 3389249,0193 4225289,3426	2,0	020	3351279,7709 3389249,0126 4225289,3378	1,9
SANI	021	3351279,7834 3389249,0231 4225289,3492	2,0	022	3351279,7676 3389249,0222 4225289,3465	2,1
SAPO	023	3351279,7616 3389249,0069 4225289,3252	1,9	024	3351279,7698 3389249,0163 4225289,3350	1,9
SARA	025	3351279,7548 3389249,0293 4225289,3359	2,2	026	3351279,7609 3389249,0360 4225289,3536	2,2
SAZE	027	3351279,7515 3389249,0026 4225289,3214	1,9	028	3351279,7578 3389249,0104 4225289,3264	1,8
Sessions	029	3351279,7607 3389249,0166 4225289,3367	1,7	030	3351279,7642 3389249,0170 4225289,3382	1,7
Kampagne	Saga_Q1					

QIF Schritt 1 (L_1 / L_2 – Lösung)

Baseline	**0-24 Uhr**		
	GPSEST.*	**Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)**	**A priorie Sigma** *mm*
SAAR	001	86/20 76,7(%)	2,5
SABA	002	78/73 (6,4%)	3,1
SAKI	003	78/20 (74,4%)	2,5
SANI	004	90/32 (64,4%)	2,4
SAPO	005	82/28 (65,9%)	2,4
SARA	006	86/28 (67,4%)	2,9
SAZE	007	86/20 (76,7%)	1,9
Kampagne	Saga_Q2		

QIF Schritt 2 (L_3 – Lösung)

Baseline	**0-24 Uhr**		
	GPSEST.*	**X Y Z**	**A priorie Sigma** *mm*
SAAR	008	3351279,7417 3389248,9788 4225289,2774	2,0
SABA	009	3351279,7878 3389249,0390 4225289,3534	2,0
SAKI	010	3351279,7703 3389249,0169 4225289,3404	2,0
SANI	011	3351279,7735 3389249,0219 4225289,3456	2,1
SAPO	012	3351279,7677 3389249,0156 4225289,3325	2,0
SARA	013	3351279,7573 3389249,0328 4225289,3443	2,3
SAZE	014	3351279,7573 3389249,0081 4225289,3260	1,9
Session *(0,0001)*	015	3351279,7648 3389249,0202 4225289,3411	1,9
Session *(fixed)*	016	***3351279,7651*** ***3389249,0207*** ***4225289,3415***	***1,9***
Kampagne	Saga_Q2		

Das Ergebnis der Sessionweise Auswertung hat in GPS3D (siehe nächste Seite) die größere Zuverlässigkeit aufgewiesen und wird daher als endgültiges Ergebnis angehalten.

Addneq

	0-12 / 12-24 Uhr			0-24 Uh		
	Addneq.*	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*	**Addneq.***	**X Y Z**	**A priori Sigma** *mm*
Baselines	001	3358351,8020 3395230,5365 4215019,7275	1,6	001	***3358351,8011*** ***3395230,5370*** ***4215019,7272***	***1,7***
Sessions	002	3358351,8010 3395230,5360 4215019,7275	1,8	002		
Kampagne	Udab_Q1			Udab_Q2		
Baselines	001	3351279,7637 3389249,0181 4225289,3384	2,1	001	3351279,7658 3389249,0210 4225289,3411	2,2
Sessions	002	3351279,7628 3389249,0170 4225289,3378	1,7	002		
Kampagne	Saga_Q1			Saga_Q2		

In der Kampagne Udabno hat die Baseline Auswertung in der GPS3D-Auswertung die größere Zuverlässigkeit aufgewiesen und wird von daher als endgültiges Ergebnis angehalten

GPS3

Es wurde kein Punkt als grob Falsch erkannt.

	0-12 / 12-24 Uhr		
	3D- 2D- 1D- Fehler	**X Y Z**	**RE-HO-H Geschätzt** *m*
Baselines	***0,0031*** ***0,0021*** ***0,0042***	3358351,9010 3395230,3040 4215019,7809	***0,0149*** ***0,0098*** ***0,0112***
Sessions	0,0038 0,0031 0,0056	3358351,8973 3395230,5087 4215019,7863	0,0168 0,0102 0,0134
Kampagne	Udab_Q1		
Baselines	0,0087 0,0057 0,0065	3351279,8363 3389249,0217 4225289,4035	0,0018 0,0012 0,0028
Sessions	***0,0026*** ***0,0016*** ***0,0021***	3351279,8353 3389249,0243 4225289,4104	***0,0006*** ***0,0005*** ***0,0009***
Kampagne	Saga_Q1		

Netz2D

Stochastische Ausgleichung (Anschlusspunkte 0,005m), Rotation und Maßstab fest.

	0-12 / 12-24 Uhr		
	Ø Punkt - Fehler *cm*	**Rechtswert Hochwert** *GKK 45° - WGS84-Ellipsoid*	**mr mh mp** *cm*
Baselines	0,411	15526073,6342 4609840,2725	0,245 0,233 0,342
Kampagne	Udab_Q1		
Baselines	0,450	15526844,9060 4623646,4037	0,225 0,210 0,308
Kampagne	Saga_Q1		

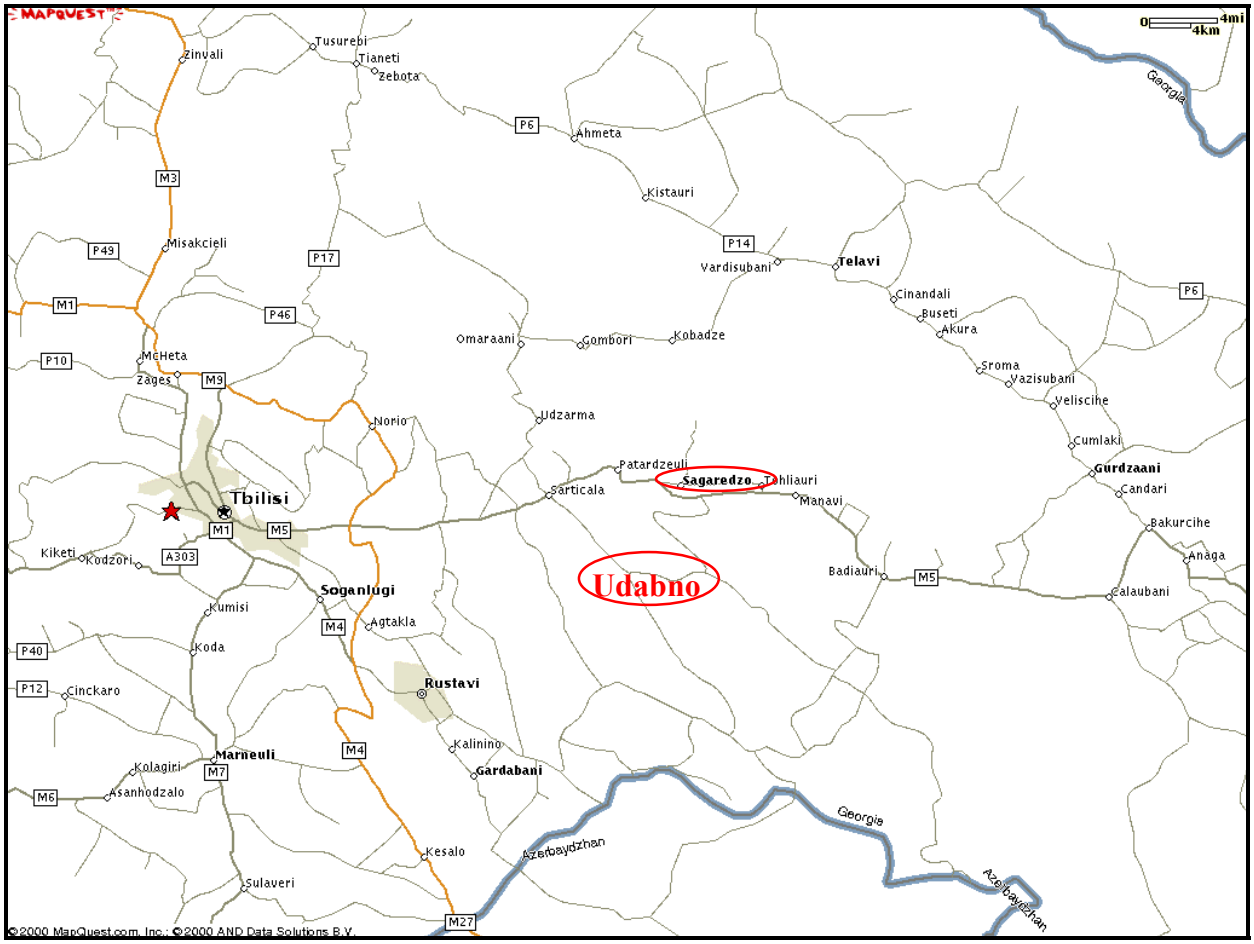
Heidi

Stochastische Ausgleichung (Anschlusspunkte 0,007m).

	0-12 / 12-24 Uhr		
	Ø Punkt - Fehler *cm*	**Ellipsoidische Höhe**	**Genau** *cm*
Baselines	0,589	908,9942	0,50
Kampagne	Udab_Q1		
Baselines	0,742	848,7631	0,51
Kampagne	Saga_Q1		

8.7.2. KONTROLL-BASELINE

Übersichtskarte



Ungefähre Lage des Grabungshauses in *Sagaredzo* und der Fundstelle *Udabno*

Baselinebildung

Zur nachbarschaftlichen Kontrolle der ITRF-Punkteinschaltung wurde am 05.09.2001 sowohl der Punkt SAGA am Grabungshaus, als auch der Punkt UDAB im Grabungsgebiet besetzt. Der Punkt UDAB diente dabei zusätzlich als Referenzpunkt für Messungen im Grabungsgebiet. Der Punkt SAGA war während des gesamten Messzeitraums unbeobachtet. Die Messung erfolge von 4:52:00 bis 9:04:00 Greenwichzeit, wobei ab 8:38:30 nur noch 4 Satelliten empfangen wurden.

In einem ersten Versuch wurde die Messung in zwei gleich große Blöcke geteilt, wobei der gesamte Messzeitraum ausgenutzt wurde. Die Ergebnisse der beiden Baselines unterschieden sich um mehrere Zentimeter. Untersuchungen ergaben, dass die Daten des Punktes SAGA der zweiten Baseline hohe RMS-Werte in CODSPP und MAUPRP aufwiesen. Versuche, das Datenmaterial durch zeitweises Ausschalten einiger Satelliten manuell zu bereinigen, schlugen fehl. Auch Änderungen der Einstellungen in MAUPRP und eine Erhöhung des minimalen Azimuts auf bis zu 25° brachten nicht den gewünschten Erfolg. Zwischen ca. 14 und 15 Uhr Ortszeit (8 und 9 Uhr Greenwich-Zeit) waren in Udabno nur vier Satelliten „sichtbar“. Die untergehenden Satelliten hatten schon einige Zeit zuvor eine ungünstige geometrische Konstellation.

Daraufhin wurden die Baselines neu definiert, wobei die Messzeit eine Stunde betragen sollte. Als sinnvoll erwiesen sich die drei folgenden Baselines. Die dritte Baseline dient zur Dokumentation der zuvor beschriebenen Probleme.

Baseline	Startzeit	Endzeit
1	2000-09-05 04:52:00	2000-09-05 05:51:45
2	2000-09-05 06:00:00	2000-09-05 06:59:45
3	2000-09-05 07:10:00	2000-09-05 08:09:45

Ergebnisse aus CODSPP:

Baseline	Saga		Udab	
	RMS *m*	**Bad Obs.** *%*	**RMS** *m*	**Bad Obs.** *%*
1	0,64	0,00	0,46	0,00
2	0,87	0,00	0,70	0,00
3	**1,15**	0,00	0,80	0,00

Ergebnisse der MAUPRP

Baseline	Baselinelänge *m*	249	
		RMS *mm*	**Cycleslips**
1	13.829,577	9	0/0
2	13.829,577	11	0/0
3	13.829,577	**16**	0/1

Ergebnisse der Gpsest

Schritt 1: Ambiguity-Lösung

Baseline	SEARCH-Stragegie			QIF (L_1&L_2) -Strategie		
	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Ambiguities gesamt/nicht gelöst (gelöst in %)	A priori Sigma *mm*
1	001	14/0 (100%)	3,4	001	14/8 (42,9%)	1,6
2	002	12/0 (100%)	4,7	002	12/6 (66,7%)	1,6
3	003	**12/12 (0,00%)**	4,4	003	**12/10 (16,7%)**	1,9
Kampagne	Udab_bs2			Udab_bs1		

Schritt 2: Koordinatenberechnung

Baseline	SEARCH-Stragegie			QIF (L_1&L_2) -Strategie		
	GPSEST.*	Punkt SAGA X Y Z	A priori Sigma *mm*	GPSEST.*	Punkt SAGA X Y Z	A priori Sigma *mm*
1	004	3351279,7633 3389249,1515 4225289,3306	3,4	004	3351279,7649 3389249,0182 4225289,3380	3,4
2	005	3351279,7749 3389249,0326 4225289,3498	4,6	005	3351279,7966 3389249,1499 4225289,4195	4,2
3	006	3351279,8209 3389249,0043 4225289,4057	4,4	006	3351279,7925 3389249,0246 4225289,4094	4,5
1+2	007	3351279,7666 3389249,0219 4225289,3402	4,0	007	3351279,7652 3389249,0318 4225289,3462	4,0
Kampagne	Udab_bs2			Udab_bs1		

Addneq

Baseline	SEARCH-Stragegie			QIF (L_1&L_2) -Strategie		
	ADDNEQ.*	Punkt SAGA X Y Z	A priori Sigma *mm*	ADDNEQ.*	Punkt SAGA X Y Z	A priori Sigma *mm*
1+2	001	3351279,7666 3389249,0219 4225289,3402	4,0	001	3351279,7652 3389249,0318 4225289,3462	4,0
Kampagne	Udab_bs2			Udab_bs1		

GPS3D

SAGA UDAB	SEARCH-Stragegie			QIF (L_1&L_2) -Strategie		
	3D- 2D- 1D- Fehler	**X Y Z**	**RE-HO-H Geschätzt** *m*	**3D- 2D- 1D- Fehler**	**X Y Z**	**RE-HO-H Geschätzt** *m*
Baselines	0,0075 0,0043 0,0061	3351279,7656 3389249,0204 4225289,3395	0,0033 0,0028 0,0061	0,0216 0,0135 0,0169	3351279,7653 3389249,0243 4225289,3424	0,0114 0,0072 0,0169
		3358351,8013 3395230,5376 4215019,7288	0,0045 0,0036 0,0086		3358351,8016 3395230,5337 4215019,7259	0,0114 0,0072 0,0169
Kampagne	Udab_bs2			Udab_bs1		

Netz2D

Punkt UDAB hirachischer Anschlusspunkt, Rotation und Maßstab fest.

	SEARCH-Stragegie			QIF (L_1&L_2) -Strategie		
	Ø Punkt - Fehler *cm*	**SAGA Rechtswert Hochwert** *GKK 45° - WGS84-Ellipsoid*	**mr mh mp** *cm*	**Ø Punkt - Fehler** *cm*	**SAGA Rechtswert Hochwert** *GKK 45° - WGS84-Ellipsoid*	**mr mh mp** *cm*
Baselines	0,342	15526844,9079 4623646,4039	0,132 0,315 0,342	2,317	15526844,9148 4623646,4034	1,880 1,351 2,317
Kampagne	Udab_bs2			Udab_bs1		

Heidi

Punkt UDAB hirachischer Anschlusspunkt (mit Höhe 908,9942), keine Integrationsparameter.

	SEARCH-Stragegie			QIF (L_1&L_2) -Strategie		
	Ø Punkt - Fehler *cm*	**Ellipsoidische Höhe**	**Genau** *cm*	**Ø Punkt - Fehler** *cm*	**Ellipsoidische Höhe**	**Genau** *cm*
Baselines	0,784	848,7692	1,13	4,061	848,8076	**6,18**
Kampagne	Udab_bs2			Udab_bs1		

Gegenüberstellung

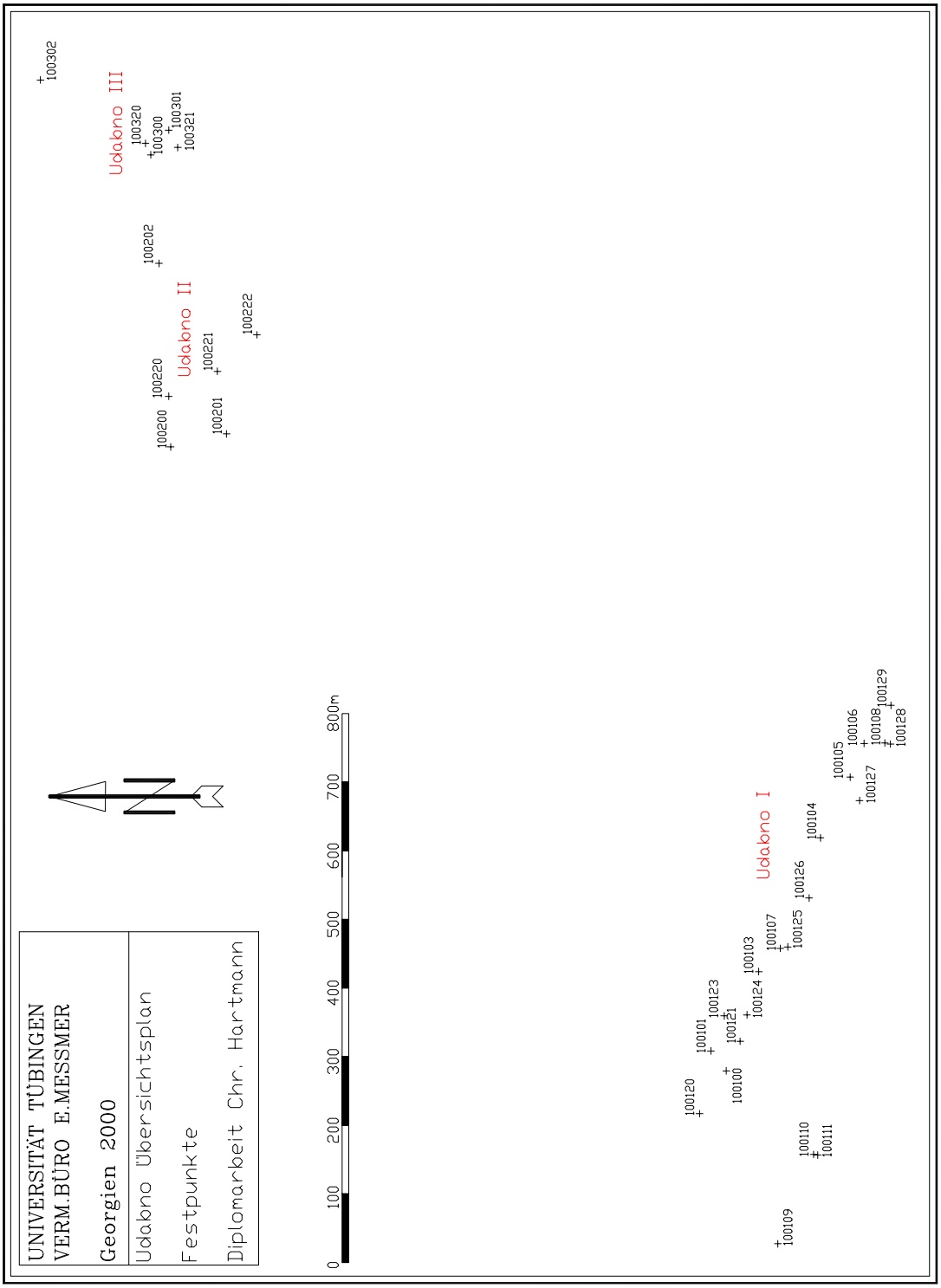
In diesem Fall hat sich die SEARCH-Strategie als die eindeutig Bessere erwiesen. Dies könnte zum Einen an der recht kurzen Beobachtungszeit liegen. Dem widerspricht allerdings die gut gelöste erste QIF-Baseline. So scheint es wahrscheinlicher, dass die SEARCH-Strategie robuster gegen Ausreißer, bzw. im Umkehrschluss, die QIF-Strategie sensitiver ist.

Baseline	ITRF	Differenz
3351279,7666	3351279,7651	0,0015
3389249,0219	3389249,0207	0,0012
4225289,3402	4225289,3415	0,0013
Punktfehler		**0,0023**

Die Baseline –Auswertung hat das Ergebnis der ITRF-Punkteinschaltungen bestätigt. Die Koordinaten sind bis auf wenige Millimeter gleich. Die Koordinaten der baselineweise Auswertung des Punktes UDAB wurden nicht verändert.

8.7.3. GPS-MESSUNGEN IN UDABNO

Übersichtskarte



Übersichtsplan: Festpunkte in Udabno

Zusammenfassung

Die ADDNEQ-Koordinaten des Punktes 100301 wurden in SKI-Pro eingeführt und fixiert. Anschließend sind die Koordinaten des Punktes 100103 berechnet und ebenfalls fixiert worden. Es wurde eine L_1/L_2 -(Standard) –Lösung unter Verwendung eines globalen Ionosphärenmodells gerechnet. Abschließend sind die Netzpunkte (mit den selben Einstellungen) berechnet worden. Alle Baselines wurden zur Weiterverarbeitung mit NETZ2D und HEIDI als ASCII-Dateien ausgelesen.

Feldbuchdaten

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 29.08.2000					
100301	***9:25***	***15:17***	***0,953***	***0,441***	***2***
100300	9:36	9:56	0,891	0,389	1
100200	10:07	10:27	1,058	0,389	3
100101	11:40	12:00	0,722	0,389	1
100100	12:45	13:05	0,556	0,389	1
100103	13:15	13:35	0,618	0,389	1
100105	13:25	13:45	0,563	0,389	3
100103	***14:05***	***16:08***	***0,618***	***0,389***	***1***
100300	16:20	16:40	0,530	0,389	3
100301	16:50	17:10	0,953	0,441	2
100201	17:25	17:45	0,515	0,441	2
100200	17:35	17:55	0,933	0,389	3
Messungen am 30.08.2000					
1001003	***9:57***	***14:43***	***1,217***	***0,389***	***3***
100101	10:10	10:30	1,182	0,441	2
100100	10:29	10:49	1,234	0,389	1
100104	10:44	11:04	1,112	0,441	2
100105	11:08	11:28	1,264	0,389	1
100106	11:24	11:44	0,825	0,441	2
100301	13:01	13:21	1,174	0,441	2
100301	***15:05***	***17:34***	***1,174***	***0,441***	***2***
100201	16:03	16:23	1,087	0,389	3
100106	16:51	17:11	0,671	0,389	3
100104	16:46	17:06	0,948	0,389	1
Messungen am 31.08.2000					
100301	***15:33***	***19:50***	***1,186***	***0,389***	***3***
100320	15:34	15:54	1,149	0,389	1
100321	15:34	15:54	1,173	0,441	2
100202	16:06	16:26	1,056	0,441	2
100220	16:44	17:10	0,968	0,441	2
100221	17:22	17:42	1,208	0,441	2
100222	17:52	18:12	1,159	0,441	2
100302	18:20	18:40	1,076	0,441	2
100123	19:00	19:20	1,224	0,441	2
100124	19:26	19:40	1,298	0,441	2

PNR	Messung		Höhe		Empfänger
	von	bis	Ablesung	Konst.	Nr.
Messungen am 01.09.2000					
100103	***8:42***	***12:42***	***1,154***	***0,441***	***2***
100221	9:56	10:16	1,219	0,389	1
100222	9:55	10:15	1,138	0,389	3
100202	10:29	10:49	1,099	0,389	1
100220	10:30	10:50	1,099	0,389	3
100320	11:04	11:24	1,356	0,389	1
100302	11:03	11:23	0,929	0,389	3
100321	11:35	11:55	1,352	0,389	1
100107	12:12	12:32	1,217	0,389	3
Messungen am 04.09.2000					
100103	***9:22***	***14:00***	***1,184***	***0,389***	***1***
	15:12	***17:0***			
100125	9:36	9:56	1,236	0,389	3
100126	10:14	10:34	1,281	0,389	3
100127	10:50	11:10	1,393	0,389	3
100128	11:20	11:40	1,325	0,389	3
100129	12:00	12:20	1,369	0,389	3
100108	12:37	12:57	1,150	0,389	3
100107	13:09	13:29	1,091	0,389	3
100124	15:15	15:35	1,269	0,389	3
100123	15:40	16:00	1,201	0,389	3
100121	16:06	16:26	1,231	0,389	3
100120	16:32	16:52	1,223	0,389	3
Messungen am 05.09.2000					
100301	***9:44***	***14:05***	***1,049***	***0,389***	***1***
100128	9:58	10:19	1,130	0,389	3
100129	10:24	10:46	1,191	0,389	3
100108	10:51	11:12	1,034	0,389	3
100125	11:21	11:42	1,257	0,389	3
100126	11:46	12:06	1,153	0,389	3
100127	12:13	13:35	1,308	0,389	3
100121	12:59	13:20	1,184	0,389	3
100120	13:24	13:44	1,172	0,389	3
Messungen am 08.09.2000					
100103	***9:20***	***10:52***	***1,268***	***0,441***	***2***
100109	9:34	5:54	1,096	0,389	1
100110	10:00	10:20	1,167	0,389	1
100111	10:24	10:44	1,155	0,389	1
100301	***11:23***		***1,161***	***0,441***	***2***
100109	11:37	11:57	1,153	0,389	1
100111	12:10	12:30	1,209	0,389	1
100110	12:34	12:54	1,111	0,389	1
100107	13:04	13:24	1,169	0,389	1

Ergebnisse der SKI-Pro-Auswertung

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100301 - 100103	1497,0562	3,508	4,6430	0	Keine
100301 - 100103	1497,0547	3,692	5,6536	0	Keine
100103 – 100100	151,9301	1,800	9,2483	0	Keine
100103 – 100101	134,7534	2,100	6,1191	0	Keine
100103 – 100104	214,5033	1,899	6,9084	0	Keine
100103 –100105	313,0553	2,163	6,8278	0	Keine
100103 – 100106	366,1773	2,170	3,0107	0	Keine
100103 – 100107	46,2797	2,581	4,2622	0	Keine
100103 – 100108	380,2976	3,484	4,0022	0	Keine
100103 – 100109	400,1615	2,542	4,8818	0	Keine
100103 – 100110	279,8972	2,820	4,3200	0	Keine
100103 – 100111	282,5988	2,668	6,4723	0	Keine
100103 – 100120	224,0147	3,218	3,5377	0	Keine
100103 – 100121	105,0871	2,432	2,2598	0	Keine
100103 - 100123	81,6475	2,582	4,265	0	Keine
100103 – 100124	65,4173	2,203	5,9689	0	Keine
100103 – 100125	55,4225	1,962	4,2685	0	Keine
100103 – 100126	129,9349	2,007	4,4594	0	Keine
100103 – 100127	289,0539	2,488	5,9626	0	Keine
100103 – 100128	382,9388	3,130	2,1047	0	Keine
100103 - 100129	433,0486	4,053	3,3300	0	Keine
100103 – 100200	1147,6876	2,829	5,4460	3	Messung ab 16:34:45
100103 – 100201	1102,0312	3,061	5,2109	0	Keine
100103 – 100202	1352,1102	2,689	4,3922	0	Keine
100103 – 100220	1200,2687	3,151	3,4900	0	Keine
100103 – 100221	1177,2740	2,779	5,6923	0	Keine
100103 - 100222	1181,5683	2,565	6,2469	0	Keine
100103 – 100300	1483,0581	3,546	3,3455	0	Keine
100103 - 100302	1668,1212	2,876	4,9588	0	Keine
100103 – 100320	1501,0710	2,393	6,0003	0	Keine
100103 - 100321	1468,9904	3,053	2,6422	0	Keine
100301 – 100100	1593,2084	4,541	3,0864	0	Keine
100301 – 100101	1556,9571	3,301	4,1708	0	Keine
100301 – 100104	1400,8257	2,908	2,4477	0	Keine
100301 –100105	1367,7107	3,721	3,9913	0	Keine
100301 – 100106	1349,3568	2,994	3,1558	0	Keine
100301 – 100107	1487,7657	4,428	3,0051	0	Keine
100301 – 100108	1371,4245	2,620	5,1908	0	Keine
100301 – 100109	1847,8461	3,813	2,9611	0	Keine
100301 – 100110	1761,9106	4,405	3,9008	0	Satellit 1 aus
100301 – 100111	1765,8443	4,182	3,2002	0	Keine
100301 – 100120	1628,2894	7,383	2,0631	0	Keine
100301 – 100121	1567,0163	4,261	3,4084	0	Keine
100301 - 100123	1523,2886	3,123	4,4597	0	Keine
100301 – 100124	1539,9249	3,555	4,6930	0	Keine
100301 – 100125	1492,5428	3,189	3,1803	0	Keine
100301 – 100126	1455,8596	4,289	2,5025	0	Keine
100301 – 100127	1401,0966	4,459	3,2127	0	Keine
100301 – 100128	1378,5800	2,169	9,4702	0	Keine
100301 - 100129	1343,2032	2,037	6,7171	0	Keine
100301 – 100200	461,6306	2,728	5,7961	0	Satellit 28 aus
100301 – 100201	450,3922	2,477	7,3172	0	Satellit 27 aus, Messung bis 15:23
100301 – 100202	194,7585	2,872	4,5208	0	Keine
100301 – 100220	387,7469	2,710	7,8290	0	Satellit 24 aus
100301 – 100221	358,5037	2,948	5,5493	0	Keine

Baseline	Länge *m*	RMS *mm*	Ratio	Cycleslips	Satellitenfenster
100301 - 100222	324,5408	2,872	4,8120	2	Keine
100301 – 100300	44,4902	2,486	6,0122	0	Keine
100301 - 100302	201,1233	2,427	7,0455	0	Keine
100301 – 100320	38,8190	2,079	6,4158	0	Keine
100301 - 100321	28,4117	2,809	4,5942	0	Keine

Gemittelte Koordinaten

PNR	X	Y	Z	S_x *mm*	S_y *mm*	S_z *mm*	S_{Lage} *mm*	$S_{Höhe}$ *mm*
100100	3359741,1745	3394682,1327	4214465,4489	1,8	1,8	1,2	2,4	1,4
100101	3359710,5465	3394692,4888	4214482,6676	1,0	1,0	1,1	1,7	,5
100103	3359659,7928	3394805,0553	4214428,7132	3,5	3,5	4,4	0,7	6,6
100104	3359561,7866	3394982,6049	4214358,8369	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1
100105	3359517,8195	3395063,8971	4214324,5548	2,2	2,2	2,3	2,2	3,2
100106	3359491,9750	3395107,5518	4214308,6433	1,8	1,8	1,4	2,1	2,0
100107	3359649,2147	3394842,4745	4214403,6189	3,5	3,6	4,4	2,8	6,1
100108	3359504,2824	3395120,7271	4214284,5195	2,1	2,1	0,9	2,9	1,0
100109	3359929,3227	3394513,6896	4214377,7981	4,5	4,5	2,7	5,8	3,8
100110	3359868,6674	3394637,1758	4214347,8967	3,0	3,0	3,0	2,7	4,5
100111	3359871,9024	3394638,9988	4214343,2849	3,1	3,1	2,5	4,8	1,6
100120	3359765,4783	3394618,1654	4214492,6303	2,5	2,5	3,0	1,4	4,4
100121	3359721,1064	3394722,8348	4214451,5998	2,3	2,3	2,8	1,6	4,1
100123	3359683,3430	3394737,5043	4214468,0698	3,4	3,5	4,3	3,6	5,5
100124	3359698,8610	3394755,0605	4214444,6539	3,6	3,6	2,5	4,4	3,5
100125	3359652,5745	3394848,7084	4214395,3390	2,9	2,8	0,7	4,0	0,8
100126	3359615,9109	3394912,9482	4214371,1266	2,4	2,4	1,5	3,1	2,2
100127	3359548,4220	3395046,1619	4214314,6232	2,7	2,7	3,4	1,4	4,9
100128	3359508,3962	3395122,5636	4214277,3614	2,8	2,8	2,7	3,2	3,6
100129	3359468,6252	3395162,5935	4214276,5686	1,9	1,9	2,7	3,8	0,3
100200	3358681,9481	3394907,8844	4215020,6865	0,5	0,5	0,6	0,2	0,9
100201	3358708,7282	3394961,7815	4214962,9324	1,0	1,0	1,0	1,7	0,2
100202	3358479,5914	3395083,7369	4215026,7646	2,7	2,7	3,5	4,3	2,8
100220	3358627,8597	3394958,2650	4215022,2527	2,5	2,5	3,2	4,2	2,1
100221	3358637,9915	3395019,8381	4214972,5537	5,5	5,5	6,9	4,0	9,6
100222	3358623,2872	3395080,2022	4214924,7466	3,3	3,4	3,7	3,9	4,6
100300	3358365,3664	3395193,1624	4215039,6890	0,5	0,5	0,3	0,8	0,2
100302	3358201,3224	3395183,3316	4215144,5322	3,6	3,6	4,7	6,3	2,9
100320	3358349,5257	3395201,0315	4215044,8452	2,2	2,2	2,7	4,0	0,9
100321	3358375,2923	3395218,3697	4215009,3674	4,1	4,1	4,8	5,2	5,4

Ergebnis der Netz2D-Ausgleichung (GKK45°, WGS84 Ellipsoid)

PNR	Hochwert	Rechtswert	mr *m*	mh *m*	mp *m*
100100	15524703,3217	4609031,0698	0,459	0,468	0,655
100101	15524732,2946	4609053,4594	0,468	0,467	0,661
100103	15524847,7737	4608984,1052	0,435	0,436	0,615
100104	15525042,6098	4608894,5225	0,451	0,464	0,647
100105	15525131,1799	4608851,3697	0,468	0,483	0,673
100106	15525180,3208	4608831,1142	0,461	0,469	0,657
100107	15524881,7179	4608952,7434	0,467	0,520	0,699
100108	15525180,9439	4608801,1143	0,477	0,485	0,681
100109	15524451,3959	4608956,2979	0,470	0,485	0,675
100110	15524581,5329	4608904,4450	0,482	0,507	0,699
100111	15524580,5360	4608898,6222	0,478	0,496	0,689
100120	15524640,9257	4609070,0123	0,473	0,518	0,701
100121	15524746,2802	4609011,0294	0,460	0,490	0,672
100123	15524783,3549	4609034,1841	0,460	0,486	0,669
100124	15524784,7886	4609001,1514	0,462	0,478	0,665
100125	15524883,7518	4608942,0495	0,461	0,462	0,653
100126	15524955,0963	4608911,0028	0,462	0,478	0,665
100127	15525097,0041	4608837,9045	0,479	0,493	0,688
100128	15525179,3410	4608792,9692	0,466	0,470	0,662
100129	15525235,7619	4608792,2547	0,463	0,481	0,667
100200	15525612,0871	4609837,4731	0,456	0,471	0,656
100201	15525631,2423	4609756,4191	0,457	0,475	0,659
100202	15525879,5241	4609854,4640	0,463	0,478	0,665
100220	15525685,9522	4609840,3858	0,459	0,481	0,665
100221	15525722,3018	4609769,5661	0,459	0,475	0,660
100222	15525775,4064	4609712,3915	0,458	0,479	0,663
100300	15526037,6222	4609866,3766	0,462	0,477	0,664
100301	15526073,6410	4609840,2753	0,435	0,436	0,615
100302	15526146,7435	4610026,3961	0,458	0,494	0,674
100320	15526054,3885	4609873,9750	0,460	0,465	0,654
100321	15526048,4331	4609827,2152	0,478	0,484	0,681

8.7.4. TRANSFORMATION WGS84 → ITRF

Identische Punkte

PNR	R_{WGS84}	H_{WGS84}	R_{ITRF}	H_{ITRF}	VR	VR
100100	15524702,838	4609042,244	15524703,322	4609031,070	0,000	0,001
100101	15524731,815	4609064,635	15524732,295	4609053,459	0,000	0,000
100103	15524847,311	4608995,271	15524847,774	4608984,105	0,000	0,000
100104	15525042,177	4608905,674	15525042,610	4608894,523	0,002	-0,002
100105	15525130,758	4608862,517	15525131,180	4608851,370	0,000	0,000
100106	15525179,905	4608842,259	15525180,321	4608831,114	-0,001	0,000
100107	15524881,261	4608963,904	15524881,718	4608952,743	0,002	-0,001
100108	15525180,528	4608812,255	15525180,944	4608801,114	-0,001	0,000
100120	15524640,433	4609081,191	15524640,926	4609070,012	0,000	0,000
100121	15524745,803	4609022,200	15524746,280	4609011,029	0,000	0,000
100123	15524782,883	4609045,358	15524783,355	4609034,184	0,001	0,001
100124	15524784,318	4609012,320	15524784,789	4609001,151	0,001	0,000
100125	15524883,293	4608953,210	15524883,752	4608942,050	-0,001	0,000
100126	15524954,649	4608922,158	15524955,096	4608911,003	0,000	0,000
100127	15525096,578	4608849,050	15525097,004	4608837,905	0,001	0,000
100128	15525178,924	4608804,109	15525179,341	4608792,969	-0,002	0,000
100129	15525235,355	4608803,394	15525235,762	4608792,255	0,000	0,000
100200	15525611,732	4609848,765	15525612,087	4609837,473	-0,001	0,003
100201	15525630,891	4609767,696	15525631,242	4609756,419	0,000	-0,001
100202	15525879,209	4609865,755	15525879,524	4609854,464	0,001	-0,001
100220	15525685,610	4609851,675	15525685,952	4609840,386	0,001	-0,001
100221	15525721,963	4609780,846	15525722,302	4609769,566	0,000	-0,001
100222	15525775,075	4609723,665	15525775,406	4609712,392	-0,001	0,002
100300	15526037,328	4609877,672	15526037,622	4609866,377	-0,001	0,001
100301	15526073,353	4609851,565	15526073,641	4609840,275	0,000	-0,001
100302	15526146,467	4610037,714	15526146,744	4610026,396	0,001	0,001
100320	15526054,098	4609885,270	15526054,389	4609873,975	0,000	0,000
100321	15526048,142	4609838,505	15526048,433	4609827,215	0,000	0,001

Parameter der Helmert Transformation

Massstab M	0,99985631
Drehung PHI	0,00008275
Koordinatenverschiebung in X	11,2102
Koordinatenverschiebung in Y	-0,3969
Mittlerer Koordinatenfehler	0,00097810
Mittlerer Lagefehler	0,00138324

Bem.: Zur Absteckung der Rasterpunkte musste das Netz im Grabungshorizont (950 m) berechnet werden. Dazu wurden in die Ausgleichung terrestrische gemessene Strecken eingeführt, die den Netzmaßstab festlegten. Zur Darstellung in Karten ist hingegen eine Berechnung direkt auf dem Ellipsoid (Höhe 0 m) gängig. Die ITRF-Koordinaten wurden auf diese Weise berechnet. Der Maßstab von rund 15 cm/km ist auf die unterschiedliche Bezugsebene der Netze zurückzuführen. Die Abweichungen im Berech weniger Millimeter auf minimale Verzerrungen durch das Einführen der terrestrischen Strecken ins WGS84-Netz.

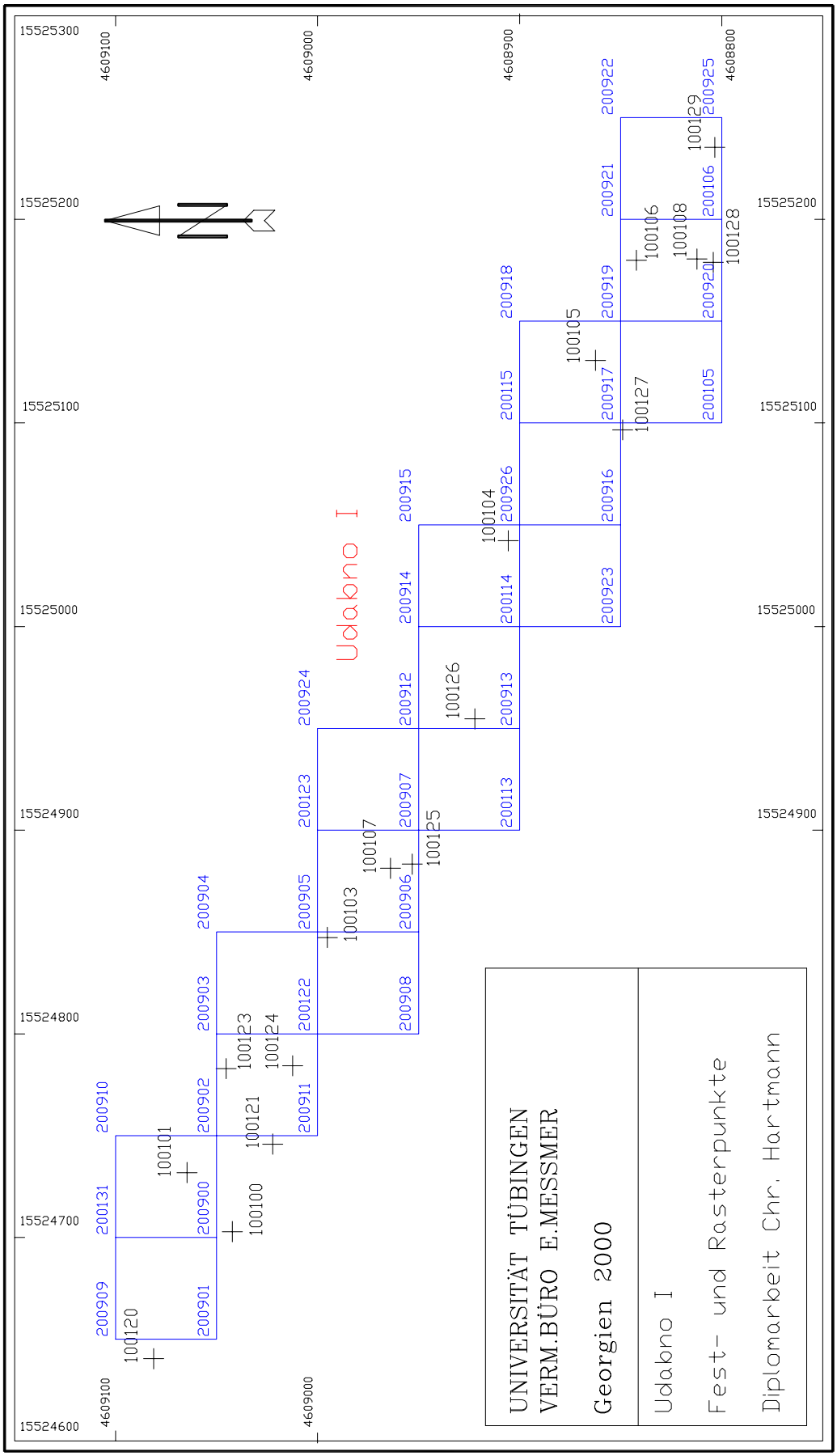
Ergebnisse der Heidi Ausgleichung

Ausgleichung der **Festpunkte**. Die Punkte aus dem topographischen Plan sind als *stochastische Anschlusspunkte* mit 1cm Genauigkeit angenommen worden. Es wurde eine Strenge Höhenintegration ohne Kippung berechnet.

PNR	**Höhe**	**Genau** *mm*
100100	*967,3426*	*6,6*
100101	*968,1726*	*6,5*
100301	*896,3711*	*6,0*
100300	*896,9019*	*5,8*
100201	*903,4723*	*5,1*
100200	*899,1160*	*6,0*
100106	*958,2035*	*8,7*
100108	955,6582	10,3
100109	918,5819	9,5
100110	932,4341	8,1
100111	932,0414	8,0
100120	964,1877	8,4
100121	969,2167	6,8
100123	968,0882	6,4
100124	970,0267	6,3
100125	962,6942	6,6
100126	961,4679	7,1
100127	959,2387	9,1
100128	954,0429	10,3
100129	953,8745	10,7
100104	961,8556	7,4
100105	959,1649	8,9
100202	890,2145	5,7
100220	898,4905	6,1
100221	903,5246	5,4
100222	896,1164	5,3
100103	965,4599	5,7
100107	963,1138	8,0
100302	875,0852	7,0
100320	896,1802	6,2
100321	895,3729	6,6

Ausgleichung der **Rasterpunkte in Udabno I**. Die Festpunkte sind als stochastische Anschlusspunkte mit ihrer Genauigkeit aus der Ausgleichung angehalten worden.

PNR	Höhe	Genau *mm*	Bemerkung
100100	967,3371	3,0	Anschlusspunkt
100101	968,1666	2,5	Anschlusspunkt
100103	965,4616	2,3	Anschlusspunkt
100104	961,8590	2,9	Anschlusspunkt
100105	959,1632	3,2	Anschlusspunkt
100106	958,2133	3,1	Anschlusspunkt
100107	963,1160	2,5	Anschlusspunkt
00108	955,6624	4,7	Anschlusspunkt
100120	964,1771	3,4	Anschlusspunkt
100121	969,2150	3,6	Anschlusspunkt
100123	968,0805	2,3	Anschlusspunkt
100124	970,0185	2,3	Anschlusspunkt
100125	962,6988	2,3	Anschlusspunkt
100126	961,4725	2,6	Anschlusspunkt
100127	959,2418	3,1	Anschlusspunkt
100128	954,0644	3,3	Anschlusspunkt
100129	953,8875	3,6	Anschlusspunkt
200105	946.0775	5,5	100 m Raster
200106	952,7756	4,3	100 m Raster
200113	954,6748	4,0	100 m Raster
200114	960,5533	4,4	100 m Raster
200115	958,1997	4,7	100 m Raster
200117	959,3198	5,2	100 m Raster
200119	958,9428	7,1	100 m Raster
200122	966,0843	3,4	100 m Raster
200123	959,1119	4,3	100 m Raster
200131	962,0784	5,2	100 m Raster
200900	967,1647	4,0	50 m Raster
200901	961,5777	5,0	50 m Raster
200902	968,4603	4,3	50 m Raster
200903	963,1951	4,2	50 m Raster
200904	957,7725	4,4	50 m Raster
200905	963,9653	3,5	50 m Raster
200906	959,5147	4,1	50 m Raster
200907	962,3586	3,8	50 m Raster
200908	958,5969	4,0	50 m Raster
200909	962,2318	5,0	50 m Raster
200910	960,4412	4,9	50 m Raster
200911	965,9592	4,7	50 m Raster
200912	961,3638	3,9	50 m Raster
200913	957,1751	4,3	50 m Raster
200914	957,9640	7,2	50 m Raster
200915	952,9420	6,6	50 m Raster
200916	953,3896	5,6	50 m Raster
200917	959,3122	4,3	50 m Raster
200918	951,7873	7,5	50 m Raster
200919	958,9400	4,2	50 m Raster
200920	949,3679	5,1	50 m Raster
200921	952,9663	5,0	50 m Raster
200922	948,2150	5,6	50 m Raster
200923	952,0264	6,1	50 m Raster
200924	953,7402	6,7	50 m Raster
200925	951,6637	4,6	50 m Raster
200926	961,6655	4,2	50 m Raster



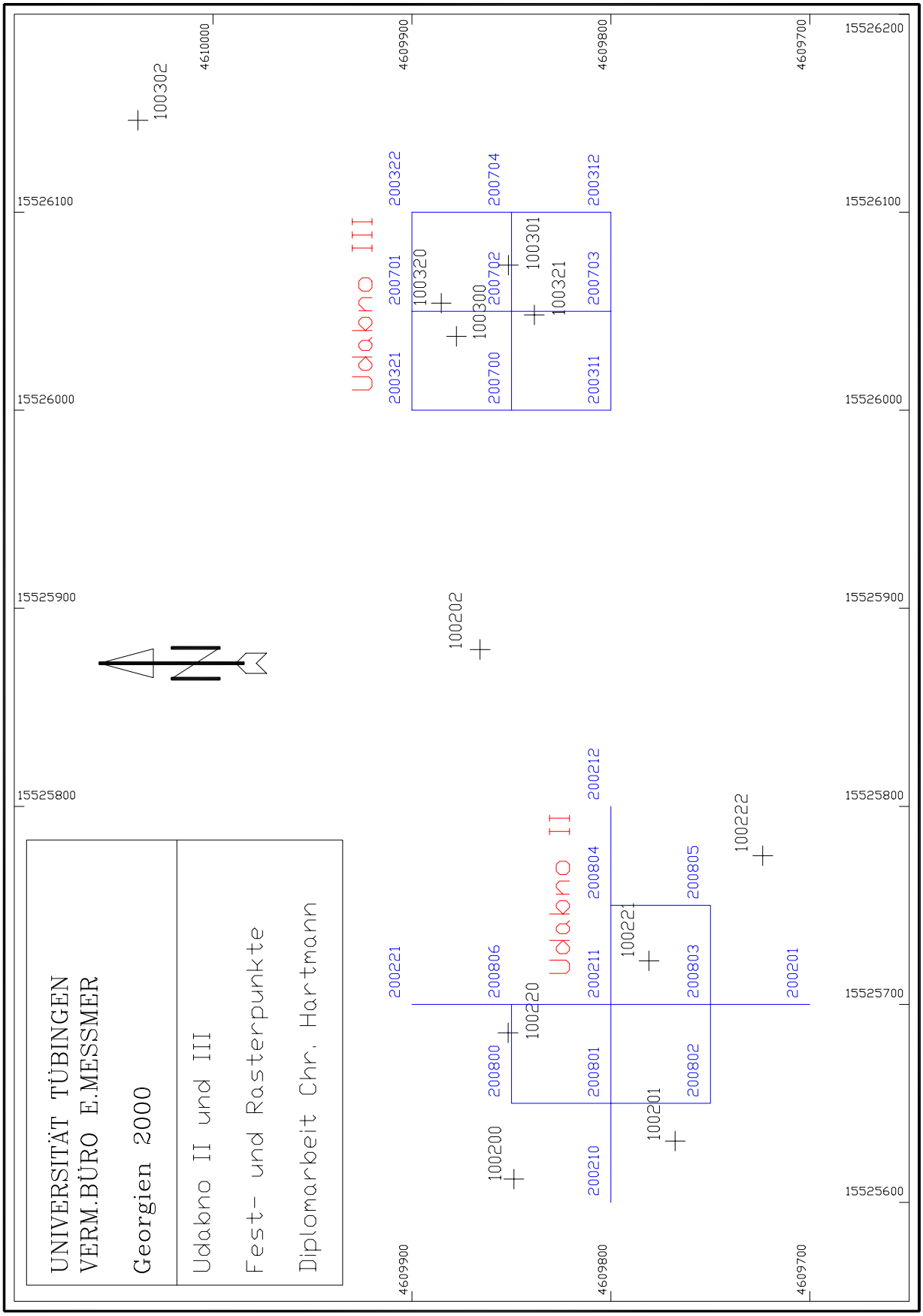
Rasterpunkte Udabno I im WGS84

Ausgleichung der **Rasterpunkte in Udabno2**. Die Festpunkte sind als stochastische Anschlusspunkte mit ihrer Genauigkeit aus der Ausgleichung angehalten worden.

PNR	Höhe	Genau *mm*	Bemerkung
100200	899,1140	2,0	Anschlusspunkt
100201	903,4685	2,0	Anschlusspunkt
100220	898,4920	2,0	Anschlusspunkt
100221	903,5258	2,0	Anschlusspunkt
100222	896,1197	2,4	Anschlusspunkt
200210	896,7233	2,8	100 m Raster
200201	896,6612	2,8	100 m Raster
200211	902,7893	2,4	100 m Raster
200212	891,0894	2,8	100 m Raster
200221	892,2975	2,9	100 m Raster
200800	897,0552	2,6	50 m Raster
200801	901,0913	2,4	50 m Raster
200802	902,1172	2,8	50 m Raster
200803	900,5567	2,8	50 m Raster
200804	897,2069	2,8	50 m Raster
200805	900,0347	2,8	50 m Raster
200806	897,4546	2,6	50 m Raster

Ausgleichung der **Rasterpunkte in Udabno3**. Die Festpunkte sind als stochastische Anschlusspunkte mit ihrer Genauigkeit aus der Ausgleichung angehalten worden.

PNR	Höhe	Genau *mm*	Bemerkung
100300	896,9014	3,5	Anschlusspunkt
100301	896,3703	3,5	Anschlusspunkt
100320	896,1793	3,5	Anschlusspunkt
100321	895,3756	3,5	Anschlusspunkt
200311	885,8235	5,0	100 m Raster
200312	887,1364	5,0	100 m Raster
200321	887,0583	5,0	100 m Raster
200322	887,3623	5,0	100 m Raster
200700	889,9935	5,0	50 m Raster
200701	890,7928	5,0	50 m Raster
200702	896,5171	4,2	50 m Raster
200703	888,0939	5,0	50 m Raster
200704	890,1798	5,0	50 m Raster



Rasterpunkte Udabno II und III im WGS84

8.7.5. KOORDINATEN

PNR	WGS84 (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°Meridian)			ITRF97 (Gauß-Krüger-Koordinaten, WGS84-Ellipsoid, 27°Meridian)		
	Rechtswert	**Hochwert**	**Höhe**	**Rechtswert**	**Hochwert**	**Höhe**
100100	15524702,838	4609042,244	*967,3426*	15524703,322	4609031,070	*967,3426*
100101	15524731,815	4609064,635	*968,1726*	15524732,295	4609053,459	*968,1726*
100103	15524847,311	4608995,271	*896,3711*	15524847,774	4608984,105	*896,3711*
100104	15525042,177	4608905,674	*896,9019*	15525042,610	4608894,523	*896,9019*
100105	15525130,758	4608862,517	*903,4723*	15525131,180	4608851,370	*903,4723*
100106	15525179,905	4608842,259	*899,1160*	15525180,321	4608831,114	*899,1160*
100107	15524881,261	4608963,904	*958,2035*	15524881,718	4608952,743	*958,2035*
100108	15525180,528	4608812,255	955,6582	15525180,944	4608801,114	955,6582
100109	15524450.876	4608967.463	918,5819	15524451,3959	4608956,2979	918,5819
100110	15524581.031	4608915.603	932,4341	15524581,5329	4608904,4450	932,4341
100111	15524580.034	4608909.779	932,0414	15524580,5360	4608898,6222	932,0414
100120	15524640,433	4609081,191	964,1877	15524640,926	4609070,012	964,1877
100121	15524745,803	4609022,200	969,2167	15524746,280	4609011,029	969,2167
100123	15524782,883	4609045,358	968,0882	15524783,355	4609034,184	968,0882
100124	15524784,318	4609012,320	970,0267	15524784,789	4609001,151	970,0267
100125	15524883,293	4608953,210	962,6942	15524883,752	4608942,050	962,6942
100126	15524954,649	4608922,158	961,4679	15524955,096	4608911,003	961,4679
100127	15525096,578	4608849,050	959,2387	15525097,004	4608837,905	959,2387
100128	15525178,924	4608804,109	954,0429	15525179,341	4608792,969	954,0429
100129	15525235,355	4608803,394	953,8745	15525235,762	4608792,255	953,8745
100200	15525611,732	4609848,765	961,8556	15525612,087	4609837,473	961,8556
100201	15525630,891	4609767,696	959,1649	15525631,242	4609756,419	959,1649
100202	15525879,209	4609865,755	890,2145	15525879,524	4609854,464	890,2145
100220	15525685,610	4609851,675	898,4905	15525685,952	4609840,386	898,4905
100221	15525721,963	4609780,846	903,5246	15525722,302	4609769,566	903,5246
100222	15525775,075	4609723,665	896,1164	15525775,406	4609712,392	896,1164
100300	15526037,328	4609877,672	965,4599	15526037,622	4609866,377	965,4599
100301	15526073,353	4609851,565	963,1138	15526073,641	4609840,275	963,1138
100302	15526146,467	4610037,714	875,0852	15526146,744	4610026,396	875,0852
100320	15526054,098	4609885,270	896,1802	15526054,389	4609873,975	896,1802
100321	15526048,142	4609838,505	895,3729	15526048,433	4609827,215	895,3729

9. AUSBLICK

Die drei in der Diplomarbeit bearbeiteten Schwerpunktthemen: Handbucherstellung für die Berner GPS-Software 4.2, geodätische Betreuung der Grabungen in Troia mit dem Ziel das vorhandene Netz ins ITRF einzuschalten und mit umliegenden Fundstellen zu verknüpfen, Aufbau des geodätischen Grundlangennetzes für die archäologischen Forschungen in Udabno, umfassten jeweils ein großes Aufgabenspektrum. Durch diese Vielfältigkeit, war die gesamte Arbeit sehr interessant.

Zum Abschluss möchte ich für jeden Bereich ein kurzes Resümee ziehen:

Die Berner GPS-Software ist ein sehr mächtiges und komplexes Werkzeug zur GPS-Auswertung. Die umfangreichen Möglichkeiten in die Berechnung einzugreifen, ermöglichen die optimale Behandlung sehr unterschiedlicher Problemstellungen, verlangt aber vom Nutzer ein umfangreiches Hintergrundwissen. *Die* optimalen Einstellungen gibt es nicht, entsprechend schwierig gestaltete sich die Erstellung des Handbuches. Die aufgetretenen Schwierigkeiten zeigen, dass scheinbar unwesentliche Details gravierende Auswirkungen haben können. Es wurde versucht den Nutzer des Handbuches für mögliche Probleme zu sensibilisieren und Lösungswege aufzuzeigen. Klar ist aber, dass jedes Projekt seine ganz eigenen Schwierigkeiten hat, die vorgeschlagenen Einstellungen dürfen daher keinesfalls blind übernommen, sondern müssen für jede Problemstellung individuell hinterfragt werden. Auch konnte im Handbuch nur ein kleiner Ausschnitt der Funktionalität beleuchtet werden. Für andere, als die beschriebenen, Problemstellungen führt am Handbuch zur Berner Software und den Hilfedateien kein Weg vorbei.

Die Arbeiten in Troia haben mir sehr viel Spaß bereitet, dazu hat nicht zu letzt die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern aus aller Welt beigetragen. Neben der Anwendung und Erweiterung meiner fachlichen Kompetenz, habe ich die Möglichkeit gehabt die Türken und ihre Kultur besser kennen zu lernen. Durch unseren Fahrer *Achmed Kader* und seinen Bus war ein enger Kontakt zu Land und Leuten garantiert, auch wenn ein schnelleres vorankommen hin und wieder wünschenswert gewesen wäre. Die Arbeit in der großen Hitze war anstrengend, auch eine Speicherkarte verweigerte, wegen Überhitzung, vorübergehend den Dienst. Die schöne Landschaft und die Möglichkeit sich hin und wieder durch ein Bad im Meer zu erfrischen, entschädigte bei weitem für die Entberungen. Zur besondern Freude des Grabungsleiters konnten die GPS-Messungen eine Woche früher als geplant abgeschlossen werden, so dass Zeit zur geodätischen Vermessung der Quellhöhle *KASKAL.KUR* blieb. Ich habe die Herausforderung der Höhlenvermessung gerne angenommen und es hat mich sehr gefreut, dass es gelungen ist, in der kürze der Zeit, ein so gutes Ergebnis zu erzielen.

Ein leicht mulmiges Gefühl vor dem Abflug nach Tiflis hat sich, während des Aufenthalts in Georgien, in eine große Freundschaft zu Land und Leuten gewandelt. Die Herzlichkeit unserer Gastfamilie und meines Messgehilfen haben geholfen mit den Schwierigkeiten bei den Arbeiten besser umzugehen. Größtes Problem war die schlechte Infrastruktur, so war die Beschaffung von, für uns so selbstverständlicher Dinge, wie Strom, Sand, Zement, Pflöcke und Nägel nur über gute Kontakte möglich. Bei den Messungen machte uns der teilweise heftige Wind das Leben schwer, auch das Setzen der Fest- und Rasterpunkte nahm mehr Zeit in Anspruch als erwartet. Um so erfreulicher ist daher das gute Ergebnis, nicht nur der geodätischen, sondern auch der geomagnetischen Arbeiten.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] Manfred Bauer
Vermessung und Ortung mit Satelliten
NAVSTAR-GPS und andere satellitengestützte Navigationssysteme
4. Auflage 1997
Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg

[2] Schriftenreihe des DVW Band 18
GPS-Leistungsbilanz `94
Beiträge zum 34. DVW-Seminar vom 5. bis 7. Oktober1994 am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe (TH)
1995
Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart

[3] Günter Seeber
Satellitengeodäsie
Grundlagen, Methoden und Anwendungen
Walter de Gruyter, Berlin, New York 1989

[4] Beutler, Brockmann, Dach, Fridez, Gurtner, Hugentobler, Johnson, Mervart, Rothacher, Schaer, Springer, Weber
Bernese GPS Software Version 4.2
August 2000

[5] Hartinger, Grillmayer, Brunner
Über die Schranken hochgenauer GPS Vermessung
Vortrag während der 10. Internationalen geodätischen Woche in Obergurgel, vom 21. bis 27. Februar 1999 (http://geodaesie.uibk.ac.at/obg99/hartinger.html)

[6] Barnes, Ackroyd, Cross
Stochastic modelling for very high precision real-time kinematic GPS in an engineering environment.
1998; vol. XXI Congress of the International Federation of Surveyors, 6 (ISBN 0-85406-902-X), 61-76. (http://www.ps.ucl.ac.uk/people/publications/cross.html)

[7] Kouba, Ray, Watkins
IGS Reference Frame Realisation
IGS Analysis Center Workshop, Darmstadt, Germany, Feb. 9-11, 1998 Position Paper #3 (http://gauss.gge.unb.ca/IGS/drafts)

[8] Remi Ferland
IGS-Mail 2899: Original/New realization of ITRF97
(http://igscb.jpl.nasa.gov/mail/igsreport/1996/msg00617.html)

[9] Tim Springer
IGS-Mail 2904: IGS ITRF97 realization
(http://igscb.jpl.nasa.gov/mail/igsreport/1996/msg00622.html)

[10] Dietmar Schmittinger
Analyse und Entwicklung von Netzdesign- und Berechnungsstrategien für den Einsatz der Berner GPS-Software V4.0 im aktuellen Anforderungsprofil präziser regionaler und lokaler GPS-Netze
Diplomarbeit an der FH-Karlsruhe, Juli 1999

[11] Nikolas Angelakis
GPS-Auswertung der aktiv begleiteten Kilimanjaro-Expidition-99 mit der Berner GPS-Software, Qualitätskontrolle und Höhenbestimmung auf Basis des EGM96-Geoids sowie C++ Entwicklung zur GPS-Auswertung
Diplomarbeit an der FH-Karlsruhe, 2000

[12] Wolfgang Wackenhuth und Georg Eck
Topographische Aufnahme in Troia, Überprüfung des Festpunktnetzes durch Netzausgleichung in Lage und Höhe mit den Programmsystemen Netz2D und Netz1D
Diplomarbeit an der FH-Karlsruhe, Januar 1994

[13] Ralph Mersi und Markus Ströbele
Erweiterung des Festpunktfeldes in Troia, Ausgleichung mit Netz2D/1D, Topographische Aufnahme, PROCART-Versionsvergleich: Standard-Compact; Archeologische Servicevermessungen
Diplomarbeit an der FH-Karlsruhe, April1996

[14] Manfred Korfmann und Mitarbeiter
Besik-Tepe Vorbericht über die Ergebnisse der Grabungen von 1984
Deutsches Archäologisches Institut (Hrsg.), Archäologischer Anzeiger, Berlin 1986

[15] Manfred Korfmann, Troia-Ausgrabung 1993
Studica Troica 4
Eberhard-Karls-Universität (Hrsg.), Mainz 1994

[16] Neomi und Jametz
Tagebuch Kumtepe 1995
Troia 1995

[17] W. Aylward, E. Koze
Tagebuch Troia 1998
Troia 1998

[18] E. Messmer
Grabungsbereicht Beşiktepe-Vermessung
Yenniköy 1985

[19] M. Korfmann
Homers Troia
Spektrum der Wissenschaft / Juli 2000

[20] U. Ebert, T. Pfaum, J. Romberg
Toia
GEO Nr.6 / Juni 1995, Guner + Jahr, Hamburg

[21] Baedeker Reiseführer
Türkei
Verlag Karl Baedeker, 1997

[22] Konstantin Pizchelauri
Eine neue altorientalische Kultur der Eisenzeit in inneren Kaukasus
Anadolu Arastimalari XIV, 1996

[23] Handbücher zu den Programmen
- SKI-Pro
- GPS3D
- Heidi
- Netz2D
- S-Tra
- Travar

[24] Internetseiten des IGS und zum Thema GPS
- http://igscb.jpl.nasa.gov/
- http://cddisa.gsfc.nasa.gov/
- http://sopac.ucsd.edu/
- http://gibs.leipzig.ifag.de/
- http://igs.ifag.de/
- http://www.aiub.unibe.ch/
- http://www.noaa.gov/
- http://164.214.2.59/GandG/egm96

[25] Internetseite beteiligter Büros und Institutionen
- Troia Projekt der Universität Tübingen
  http://www.uni-tuebingen.de/troia
- Vermessungsbüro E. Messmer
  http://www.e-messmer.de/
- GGH
  http://www.ggh-online.de/
- Fachhochschule Karlsruhe
  http://www.fh-karlsruhe.de/fbg

DANKSAGUNG

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei meinen Arbeiten unterstützt und somit zum Gelingen beigetragen haben.

Insbesondere gilt mein Dank:

- **Herrn Prof. Dr.-Ing. Reiner Jäger** für die intensive Betreuung und die guten Ratschläge bei Problemlösungen.
- **Herrn Prof. Dr.-Ing. Rainer Schwäble** für die Übernahme des Koreferats.
- Allen Mitarbeitern des Büros E. Messmer, vor allem **Herrn Dipl.-Ing. Eberhardt Messmer**, für die gute Kooperation und die professionelle Unterstützung.
- Den Mitgliedern der Grabung in Troia, vor allem dem Grabungsleiter **Herrn Prof. Dr. Manfred Korfmann**, **Herrn Dr. Peter Jablonka** und **Frau Katharina Peisker,** für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung in Troia.
- Den Mitgliedern der Kampagne Udabno, vor allem dem Grabungsleiter **Herrn Janik K. Bertram** und **Herrn Prof. Konstantin Pizchelauri,** für die gute Kooperation und Unterstützung in Udabno.
- Allem Mitarbeitern des Fachbereichs, vor allem **Frau Dipl.-Ing. Simone Kälber**, die jederzeit hilfreich für anfallende Probleme zur Seite standen. Des weiteren **Herrn Dipl.-Ing. Jochen Lang** für die gute Unterstützung bei Hard- und Softwareproblemen.
- **Herrn George G. Gzirishvili** für die gute Zusammenarbeit und Freundschaft während der Arbeiten in Udabno.
- Der **Familie Phanozishrili** für die tolle Gastfreundschaft in Sagaredzo, Georgien.
- **Herrn Dipl.-Ing. Christian Schäfer** für das Korrekturlesen der Diplomarbeit.