



## Konzept der hierarchischen Netzstruktur für AREF

Fritz K. Brunner <sup>1</sup>, Robert Weber <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Abteilung für Ingenieurvermessung und Messtechnik, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz*

<sup>2</sup> *Abteilung Theoretische Geodäsie, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **86** (2), S. 78–84

1998

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Brunner_VGI_199811,  
  Title = {Konzept der hierarchischen Netzstruktur f{"u}r AREF},  
  Author = {Brunner, Fritz K. and Weber, Robert},  
  Journal = {VGI -- {"O}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
    Geoinformation},  
  Pages = {78--84},  
  Number = {2},  
  Year = {1998},  
  Volume = {86}  
}
```



- Der Wunsch der Musikwissenschaftler, die Verwellungen des Resonanzbodens im Zehntel-millimeterbereich erfassen zu können, konnte nicht befriedigt werden, da kaum gut definierte Punkte aus verschiedenen Ansichten erkennbar waren. Aus den „Luftbildern“ konnte kein verlässlicher Stereoeindruck gewonnen werden, da die Maserung des Holzes meistens parallel zu den Saiten und damit auch parallel zur Aufnahmebasis läuft. Für diese Aufgabe müßten Stereopaare mit der Basis quer zur Holzmaserung photographiert werden. Auch die Projektion eines Musters auf den Resonanzboden könnte Abhilfe schaffen, wodurch auch eine automatisierte, digitale Rekonstruktion der Oberfläche möglich wird.
- Die Réseautransformation mittels Interpolation nach kleinsten Quadraten mit Filterung hat sich bewährt, besonders bei jenen Bildern, bei denen sehr viele Réseaukreuze wegen des schlechten Kontrasts nicht meßbar waren. Es wäre daher wünschenswert, daß diese Möglichkeit zukünftig auch bei der On-line-Korrektur auf analytischen Auswertegeräten verfügbar wird.

sen zur Bauweise der Klaviere am CAD-Modell überprüfen, ohne das entsprechende Instrument vor sich zu haben. Räumliche Strecken zwischen beliebigen Punkten am Klavier können direkt im CAD-Modell abgelesen werden. Die Pläne der Instrumente können als Beitrag zur Dokumentation und Sicherung historischer Substanz angesehen werden, da mit ihnen ein detailgetreuer Nachbau ermöglicht wird.

#### Literatur

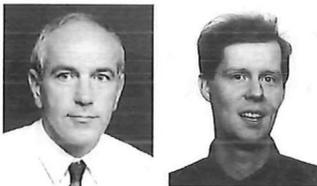
- [1] *Wester-Ebbinghaus, W.*, 1989: Das Réseau im photogrammetrischen Bildraum. Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, 57(3), pp 64–71
- [2] *Kotowsky, R., Peipe, J.*, 1994: Optimizing the Photogrammetric Network to Record Mozart's Pianoforte, Photogrammetric Record, 14(83), pp 783–792
- [3] *Roopun, S.*, 1992: Photogrammetrische Vermessung von Hammerklavieren. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Photogrammetrie der TU München
- [4] *Kager, H.*, 1989: Orient: A Universal Photogrammetric Adjustment System. Optical 3-D measurement Techniques, Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1989, pp 447–455
- [5] *Kraus, K.*, 1972: *Film Deformation Correction with Least Squares Interpolation. Photogrammetric Engineering*, vol. 26, pp 487–493

#### Adresse der Autoren:

Dipl.-Ing. Martin Kerschner (mk@ipf.tuwien.ac.at), Dipl.-Ing. Monika Schöner (ms@ipf.tuwien.ac.at): Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27–29/122, A-1040 Wien

## 7. Ausblick

Die gewonnenen Daten stehen nun Musikhistorikern zur Verfügung. Sie können Hypothe-



## Konzept der hierarchischen Netzstruktur für AREF

*Fritz K. Brunner, Graz und Robert Weber, Wien*

### Zusammenfassung

Dem weltweiten Bestreben zur Anlage homogener Landesnetze mit Hilfe der Satellitenmeßtechnik hat sich auch Österreich seit dem Beginn dieses Jahrzehnts angeschlossen. Der aktuelle Stand der Technik erlaubt es, die verfügbaren Basisnetze mit Hilfe von GPS bis zu einem Punktabstand von unter 20 km ohne Genauigkeitsverlust zu verdichten. Die vorliegende Arbeit erläutert ein möglichst optimales Konzept zur Anlage dieser Verdichtungs-messungen und zu ihrer Einbindung in ein internationales GPS Referenzsystem.

### Abstract

The establishment of homogeneous reference-networks using modern satellite tracking systems was launched globally early this decade. Austria has been able to partizipate in these efforts quite successfully. Latest developments in technology allow for the densification of these networks down to a mean point separation below 20 km using GPS without any loss of accuracy. This paper discusses the optimal design of a hierarchial network, its tie to the international reference frame and the densification measurements.

### 1. Einleitung

Zu Jahresbeginn 1996 wurde die „GPS-Netz Zi-  
viltechniker GmbH. (ZT)“, ein Zusammenschluß

österreichischer Ingenieurkonsulten für Ver-  
messungswesen, ins Leben gerufen. Ein vor-  
dringliches Ziel dieser neugegründeten Gesell-  
schaft war die Schaffung eines landesweiten ho-

mogenen Grundnetzes mit einem mittleren Punktabstand von knapp 25 km mittels GPS. Bei der Realisierung sollte das bereits bestehende AGREF- (= Austrian Geodynamic Reference Frame) Stationsnetz [4] miteinbezogen werden. Als Genauigkeitsziel für das neue AREF- (= Austrian Reference Frame) Netz wurde  $\pm 1$  cm für die Lage und  $\pm 2$  cm für die Höhe vorgegeben.

Weitere Planungsgrundlagen standen in Form der Anzahl gleichzeitig einsetzbarer GPS Empfänger (ungefähr 60) und der Dauer der einzelnen Meßsessionen (24 Stunden) zur Verfügung. Es war weiters von rund 350 Netzpunkten auszugehen. Die hohe Empfängerzahl birgt zugleich das Problem, Hardware verschiedenster Hersteller und deren anfallende Meßdaten unter Einhaltung obiger Genauigkeitsprämisse zu kombinieren. Die Kompatibilität der GPS-Empfänger wurde bereits in einer im Februar 1996 durchgeführten Testkampagne nachgewiesen.

Ziel dieser Arbeit war die Erstellung eines Entwurfs der AREF-Netzstruktur. Erste Überlegungen [3] sahen für die Verbindung der einzelnen Sessions jeweils ca. 10 ‚Nahtpunkte‘ vor, die während aufeinanderfolgender Kernzeiten besetzt bleiben sollten, um die Nachbarschaftsgenauigkeit zu prüfen. Anwendbare Literatur bzw. entsprechende Erfahrungsberichte über die Anlage derartiger Meßkampagnen lagen kaum vor, wengleich sich vergleichbare Netzstrukturen weltweit vielerorts im Aufbau befinden. Die Erfahrungen der Autoren beruhen einerseits auf GPS-Krustenbewegungsmessungen (in Australien und Indonesien) und den Vorarbeiten zur Erstellung eines Höhenübertragungsnetzes für die Gezeitenstationen in Australien sowie andererseits auf einer zweijährigen Mitarbeit am Astronomischen Institut in Bern, das sich zentral mit der Datenmodellierung in globalen und regionalen GPS-Netzen beschäftigt.

Dieser Entwurf soll sowohl die Netzanlage als auch die GPS-Auswertung strukturieren. Technische Details der Messungen, wie z.B. Vermarkung, Zentrierung, Antennenhöhenbestimmung oder die Protokollführung sind nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Die Kapitel 2 und 3 beschreiben den geplanten Netzaufbau von AREF in klarer hierarchischer Struktur als Konzept vor der Kampagne. Kapitel 4 zeigt schließlich die notwendigen Änderungen bei der Realisierung des Konzepts.

## 2. Hierarchische Netzkonfiguration

In der GPS-Vermessung legen sowohl die Bahndaten als auch die Koordinaten der Refe-

**GEODÄSIE VERNETZT  
EUROPA**



**INTERGEO®**

**82. Geodätentag, Wiesbaden, 23.-25.09.98**

**Die größte Fachmesse  
und Kongress  
für Geodäsie und  
Geoinformation in Europa**

**Mit DDGI Geodatenforum**

**23.-25. September 1998**  
**Wiesbaden • Rhein-Main-Hallen**

*info*Messe



**HINTE  
MESSE**  
HINTE Messe- und  
Ausstellungs-GmbH  
Beiertheimer Allee 6  
D-76137 Karlsruhe  
Tel. ++49 (721) 93133-0  
Fax ++49 (721) 93133-71  
E-Mail: info@hinte-messe.de  
Internet: http://www.intergeo.de

*info*Kongress



Örtlicher Vorbereitungsausschuß  
für den 82. Geodätentag 1998  
Luisenstraße 6  
D-65185 Wiesbaden  
Tel. ++49 (611) 36099-88  
Fax ++49 (611) 36099-77  
E-Mail: intergeo98@metronet.de  
Internet: http://www.gi.verm.tu  
darmstadt.de/intergeo98

Deutscher Verein  
für Vermessungswesen e.V.

renzstationen den Rahmen (z.B. ITRF94) der Neupunktskoordinaten fest. Die Koordinaten der Referenzstationen unterliegen infolge geodynamischer Prozesse Veränderungen und sind daher zusätzlich mit der Angabe einer Epoche zu versehen. Der Internationale GPS-Dienst für Geodynamik (IGS) bestimmt sodann durch Messungen auf den Referenzstationen genaue Bahndaten der GPS-Satelliten. Zudem werden an den einzelnen IGS-Analysezentren auch troposphärische Zenitverzögerungswerte für jede Station und entsprechende Zeitperioden geschätzt. Die Referenzstationskoordinaten, die Bahndaten eines Analysezentrums (z.B. CODE = Center for Orbit Determination in Berne; Universität Bern) und die Troposphärenkorrekturen bilden somit eine konsistente Informationsbasis für nachgeordnete GPS-Vermessungen. Es erscheint daher besonders wichtig, für AREF eine entsprechende hierarchische Netzstruktur zu entwickeln, die gewährleistet, daß alle nachfolgenden GPS-Vermessungen in einem einheitlichen System ausgeführt werden können.

Die *erste Hierarchie* bilden, wie bereits in [3] vorgeschlagen, die drei IGS-Stationen Wettzell, Zimmerwald und Graz-Lustbühel (siehe Abb. 1). Diese Stationen sind derzeit mit Rogue- und Trimble- Empfängern ausgestattet und mit Choke-Ring Antennen besetzt. Für die AREF-Kampagnendauer sind die GPS-Meßdaten dieser Stationen, IGS- bzw. CODE-Bahn- und Pol-daten sowie konsistente Troposphärenparameter bereitzustellen.

Die *zweite Hierarchie* wird von ca. 9 Stationen gebildet, die während der gesamten AREF-Kampagne permanent in Betrieb sind. Dieses Netz wird ÖPST genannt und ist konzeptionell ebenfalls der Abbildung 1 zu entnehmen. Die dargestellte Auswahl beruht auf folgenden Überlegungen:

- Die Station Patscherkofel ist bereits als Permanentstation in Betrieb
- Die Stationen Pfänder, BEV-Wien und Dobratsch sind als künftige Permanentstationen im Gespräch. Diese wären zweckmäßigerweise für AREF zu etablieren.
- Golling, der Hutbigl und das Hochkar bieten sich als ÖPST-Stützung für die angrenzenden Gruppen an.
- Weitere Punkte (Linz, Ried, Sopron und A) sollen in die 2. Hierarchie miteingebunden werden, obwohl sie keine Permanentstationen im eigentlichen Sinn sind. Diese Punkte werden nur während zweier aufeinanderfolgender Sessions beobachtet, um eine überbestimmte Lagerung der Gruppen zu erreichen.

Diese Planung beruht auf der Annahme, daß in jeder GPS-Session zumindest 3 ÖPST zu liegen kommen. Da pro Session ca. 60 GPS-Empfänger simultan eingesetzt werden können, ergeben sich 6-7 Sessions. Daher verlangt der Entwurf neben dem Patscherkofel und Graz-Lustbühel rund 7 zusätzliche ÖPST. Die endgültige Auswahl sollte auf Grund der Güte der permanenten

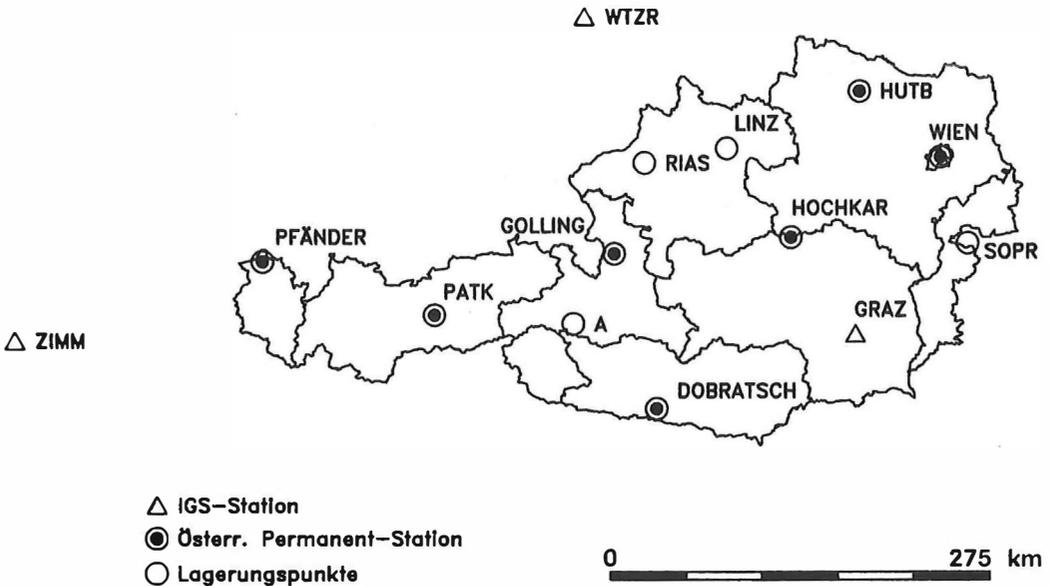


Abb. 1: AREF-Punkte erster und zweiter Hierarchie

Vermarktung und deren Stabilität, Abschattung der Satelliten und mögliche Mehrwegeeffekte der Stationsumgebung ausgesucht werden. Die ÖPST-Empfänger sind jedenfalls mit Choke-Ring oder Ground-Plane Antennen auszurüsten.

Die *dritte Hierarchie* setzt sich aus den AREF-Basispunkten zusammen. Diese werden in sogenannte Tagessessionen aufgeteilt (siehe Abb. 2) und jeweils während einer 24-Stunden Periode simultan beobachtet. Die Lagerung und Auswertung einer Sessionsgruppe erfolgt mit Koordinaten der ÖPST zur mittleren Beobachtungsepoche, zugehörigen Bahn- und Troposphären Daten.

Rahmen zur Umrechnung zwischen verschiedenen Epochen benötigt (z.B. Referenzrahmen ITRF94; Epoche  $t_0$  = AREF-Basisnetz, Epoche  $t_i$  = Einschaltmessung). Damit können zu allen späteren Zeitpunkten, ausgehend von günstig gelegenen AREF-Basispunkten, weitere Punkte eingeschaltet werden, ohne die Netzhomogenität von AREF zu verändern. Es erscheint sinnvoll, an mindestens zwei AREF-Punkte bei GPS-Verdichtungsmessungen mit genügend langen Beobachtungszeiten (> 4 Stunden) anzuschließen.

Nachmessungen zur AREF-Basiskampagne können ebenfalls nach den soeben beschriebenen

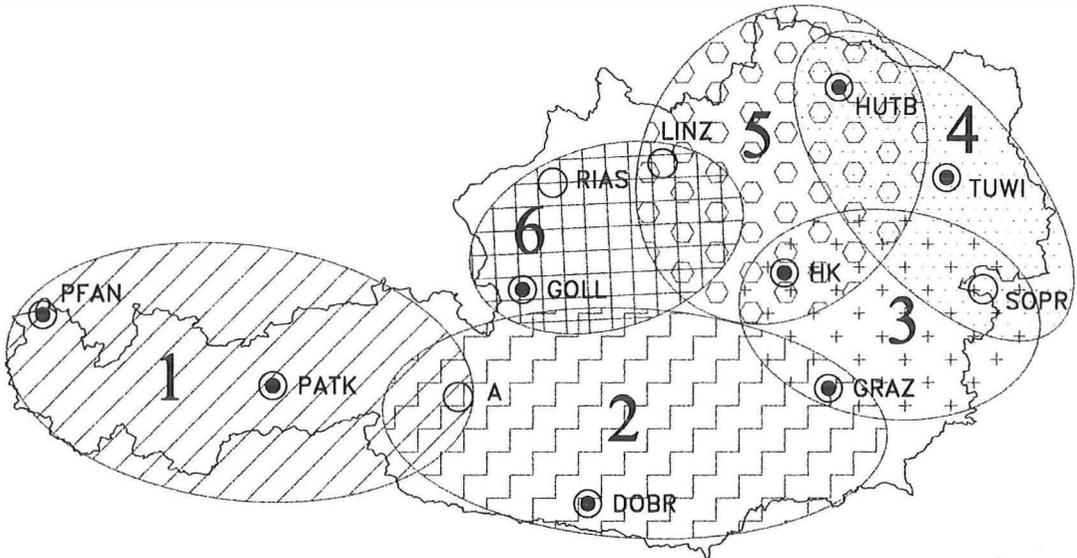


Abb. 2: AREF-Tagessessionen

Eine detailliertere Planung der Sessionsgruppen erschien für die Konzepterstellung verfrüht, da damals die AREF-Punktauswahl noch im Gange war. Jedenfalls ist jede Sessionsgruppe, gebildet mit den rund 50 verbleibenden GPS-Empfängern, mittels dreier gut über die Gruppenfläche verteilter ÖPST zu lagern.

Eine *vierte Hierarchie* bilden die später einzuschaltenden AREF-Verdichtungspunkte. Diese Punkte können ohne Genauigkeitsverlust und ohne Zwänge in AREF unter der Voraussetzung eingerechnet werden, daß sich die Bahn Daten und die Koordinaten der AREF-Referenzpunkte im gleichen Referenzrahmen befinden. Dies erfordert jedenfalls die Möglichkeit der Umrechnung von AREF-Koordinaten zwischen Realisierungen des terrestrischen Referenzsystems. Zusätzlich wird Information über Bewegungen der oberen Punkthierarchien in einem derartigen

nen Vorgaben eingearbeitet werden. Eine gleichzeitige Besetzung der ÖPST ist für derartige Nachmessungen nicht mehr nötig.

Die Vorteile einer 4-stufigen Netzhierarchie (siehe Abb. 3) liegen in

- einer eindeutigen Lagerung von AREF im ITRFxx.
- der Kontrolle der Genauigkeit während der Dauer der AREF-Kampagne durch Beobachtungen an den ÖPST. Die ÖPST Koordinaten errechnen sich als Mittelwerte über die Kampagnendauer.
- einer überbestimmten Lagerung der AREF-Sessionspunkthaufen zueinander.
- dem wirtschaftlichen Vorteil gegenüber ursprünglichen Planungen, da nunmehr 6-7 Meßsessionen ausreichen.

- der einfachen Umrechnung des AREF-Basiskoordinatensatzes in künftige IGS-Bezugsrahmen ohne zusätzlichem Meßaufwand.
- der einfachen Fortführung des Operates durch künftige GPS-Verdichtungsvermessungen.

Abbildung 3 zeigt schematisch die angesprochenen Netzebenen in Relation zu den in der entsprechenden Hierarchie typischen Punktdistanzen.

lage nicht notwendig ist. Die Punkthaufen der einzelnen AREF-Sessionen sind in der übergeordneten Hierarchie (ÖPST) gelagert und daher bereits gegeneinander kontrolliert. Die Koordinaten einzelner AREF-Punkte (dritte Hierarchie) sind durch die ausreichende Meßdauer von 24 Stunden (bis auf Fehler technischer Art; siehe Kap.1) kontrolliert. Selbstverständlich sind noch klare Instruktionen für eine strenge Qualitätskontrolle der GPS-Berechnungen zu erstellen. Auf Grund pragmatischer Überlegungen

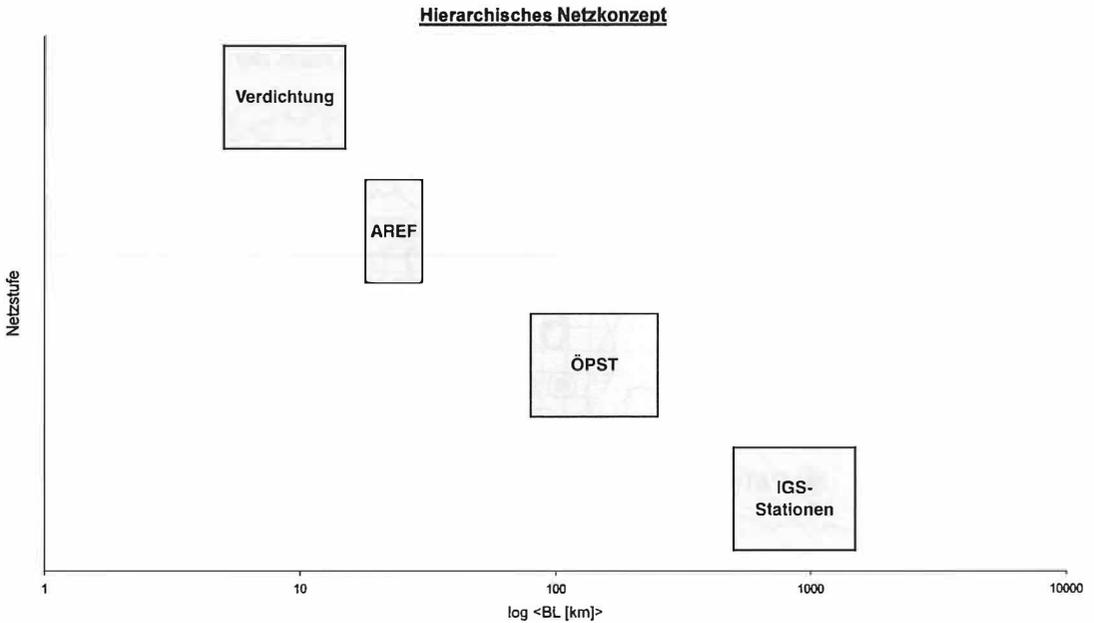


Abb. 3: Hierarchisches Netzkonzept

In theoretischer Sicht hat die hierarchische Vorgangsweise einen Schwachpunkt aufzuweisen. Korrelationen durch Mehrfachverwendung von Phasendaten bestimmter Stationen (der obersten Hierarchien) bleiben beim Übergang zwischen den Hierarchien oft unberücksichtigt. Dieser Mangel kann nur durch einen strengen Gesamtausgleich unter Nutzung der vollbesetzten Kovarianzmatrix behoben werden. Dies stößt bei großen Punkthaufen allerdings sehr schnell an die Grenzen der verfügbaren Computerkapazität. Numerisch sollte sich die Mehrfachverwendung von Daten weniger Stationen allerdings kaum auswirken. Eingehende Untersuchungen hierzu wären noch anzustellen.

Die Frage der Nahtpunkte und der Nachbarschaftsgenauigkeit ist von geodätischer Bedeutung. Die Autoren sind allerdings der Meinung, daß die Beobachtung von Überlappungspunkten bei der hierarchischen Netzan-

erscheint es aber doch sinnvoll, einige wenige Punkte an den Gebietsgrenzen zweier Sessionen als Nahtpunkte zu beobachten. Diese können sodann (separat ausgewertet) die hohe Nachbarschaftsgenauigkeit beweisen und dienen nicht zuletzt zur Überzeugung aller Personen, die eher klassische geodätische Kontrollmechanismen bevorzugen.

### 3. Anmerkungen zur geplanten Realisierung

Die Ausführung der GPS-Messungen in kompletten 24-Stunden Intervallen ist von höchster Bedeutung. Einerseits kann bei der Auswertung über eine vollständige Satellitenkonstellation gemittelt werden und andererseits kann auf diese Weise der Troposphäreneinfluß (Tagesgang) minimiert werden, was für die erreichbare Höhengenaugigkeit äußerst wichtig ist.

Mit einem Ausfall von 3–5% der GPS-Messungen während der Kampagne muß gerechnet werden. Nachmessungen sind daher unbedingt in das Meßkonzept einzuplanen. Es erscheint deshalb sinnvoll, einige Empfänger (eventuell drei) sowie Batterien in Reserve zu halten, damit kurzfristig Ersatz bereitgestellt werden kann. Keinesfalls sollten Geräteausfälle zu Lasten der letztendlich für jeden Punkt verfügbaren Meßperiode (24 Stunden möglichst simultan) gehen. Wie bereits beschrieben, erlaubt die hierarchische Netzstruktur die Nachmessung zu einem späteren Zeitpunkt an solchen Stationen ohne großen zusätzlichen Meßaufwand.

Wenngleich einige grundlegende Aspekte der GPS-Auswertung bereits im Folgenden angesprochen werden, erscheint es dennoch zweckmäßig, die Strategie für die GPS-Berechnungen in einem separaten Dokument detailliert festzulegen.

### *IGS und ÖPST-Ebene*

Die während der gesamten Meßkampagne anfallenden GPS-Daten der ÖPST Netzpunkte und der Lagerungspunkte werden zur Berechnung der Koordinatenmittelwerte dieser Stationen verwendet. Die Lagerung erfolgt über die Koordinaten der IGS-Stationen im Referenzrahmen des verwendeten Bahnsystems zur mittleren Epoche der Meßkampagne. Es müssen zudem jene Troposphärenparameter miteinfließen, die bei der Satellitenbahnbestimmung an den IGS-Stationen ermittelt wurden (Beutler, persönliche Mitteilung). Da es sich bei der Einbindung des ÖPST-Netz in die IGS-Hierarchie um Basislinien mit einer Länge von bis zu einigen hundert Kilometern handelt, ist die ionosphärenfreie Linearkombination (ohne Lösung der Ambiguitäten) zu benützen. Troposphärische Zenitkorrekturen sollten relativ zu einem Standardmodell in 3 Stundenintervallen auf allen ÖPST und den Lagerungspunkten geschätzt werden.

### *AREF-Basispunkte (Hierarchie 3)*

Jede AREF-Punktgruppe besteht aus den simultan ausgeführten GPS-Messungen auf ca. 60 Stationen (Session). In jeder Gruppe befinden sich 3 ÖPST, deren Koordinaten und Troposphärenparameter aus den vorgehend beschriebenen Berechnungen bekannt sind. Um die Ambiguitäten entlang der nun deutlich kürzeren Basislinien lösen zu können, wird mit der Strategie der kürzesten Basislinien ein Satz unabhängiger Vektoren pro Gruppe gebildet. Die Auflösung der Ambiguitäten erfolgt vorerst über die Wide-

Lane und sodann über die Narrow Lane (bzw. L1-Mehrdeutigkeiten). Ob die Auflösung der Ambiguitäten bei Beobachtungszeiten von 24 Stunden wesentlich bzw. zweckmäßig ist, sollte speziell untersucht werden. Neuere Publikationen sprechen sich ab einer Beobachtungszeit von 10 Stunden dagegen aus. Jedenfalls sind an allen Basispunkten Troposphärenparameter zu modellieren.

Die Punkte in jeder Session werden auf diese Weise getrennt berechnet. Einige Überlappungspunkte zwischen den Gruppen erlauben sodann eine Abschätzung der Nachbarschaftsgenauigkeit. Auf die Wichtigkeit der Qualitätskontrolle der GPS-Auswertungen unter Zuhilfenahme von statistischen Tests sei am Schluß noch besonders hingewiesen.

## **4. Rückblick**

Die AREF-Kampagne wurde im Juni 1996 durchgeführt und benötigte schlußendlich nicht mehr als nur 10 Meßtage. Rückblickend seien kurz die Abweichungen bei der Realisierung zum obenstehenden Konzept angesprochen:

- Die erste Hierarchie wurde um einige (im naheliegenden Ausland betriebene) regionale IGS-Stationen, wie z.B. Padua und Pecny erweitert.
- Die Punktliste der zweiten Hierarchie (ÖPST) entsprach letztendlich nicht genau der in den Abbildungen 1 und 2 gezeigten Darstellung. So wurde das BEV-Linz und das Hochkar durch die Punkte St.Oswald, Hochpyhra und Neunkirchen ersetzt. Der am BEV-Wien geplante Punkt wurde von der TU-Wien betrieben. An der vorausgesagten Anzahl von ÖPST-Punkten hat sich dagegen nichts geändert.
- Die Kampagne umfaßte schließlich 7 Tagessessionen mit der in Abbildung 2 gezeigten Verteilung, wobei die zusätzliche Session im Grenzgebiet der Bundesländer Steiermark, Oberösterreich und Salzburg zu liegen kam.

Weitere Informationen betreffend der realisierten Netzstruktur und der gewählten Auswertestrategie können der Arbeit [7] entnommen werden.

### **Dank**

Prof. G. Beutler und Dr. M. Rothacher sei auf diesem Weg für ausführliche Gespräche zu dem im Beitrag besprochenen Themenkreis gedankt. Dem Geschäftsführer der GPS-Netz Ziviltechniker GmbH., Dipl. Ing. Ahner, wird für die Beauftragung, ein Konzept für AREF zu erstellen, gedankt.

## Literatur

- [1] Beutler G, Mueller I., Neilan R., Weber R. (1994): „IGS - Der Internationale GPS Dienst für Geodynamik“; Zeitschrift f. Vermessungswesen, Heft 5, 1994, Wittwer-Verlag, Stuttgart.
- [2] Boucher C., Altamimi Z. (1993): „Specifications for Reference Frame Fixing in the Analyses of a EUREF GPS campaign“; Bayr.Komm., Band 56, pp 265–269, München.
- [3] Döller H. (1996): „Das GPS-Grundnetz AREF-1, Meßkonzept“ Unveröffentlichtes Manuskript
- [4] Pesec P., Sünkel H., Erker E., Imrek E., Stangl G. (1997): „Das Österreichische Geodynamische Bezugssystem AGREF, Realisierung und Ergebnisse“; Sonderausgabe d. Instituts f. Weltraumforschung d. Österr. Akademie der Wissenschaften, Abt. Satellitengeodäsie, Graz.
- [5] Rothacher M., Mervart L. (1996): „Bernese GPS Software, Version 4.0“; Astronomisches Institut, Universität Bern.
- [6] Weber R., Walter G., Klotz St. (1995): „GPS-relevante Koordinatensysteme und deren Bezug zum Österreichischen Festpunktfeld“; Österr. Zeitschrift f. Vermessung u. Geoinformation, Heft 4/95, Wien.
- [7] Weber R., Klotz St. (1998): „Das GPS-Grundnetz AREF-1; Auswertestrategie, Modellbildung und Kombination der Einzellösungen“, (im vorliegenden Band).

### *Anschrift der Autoren:*

Univ.-Prof. Dr. Fritz K. Brunner, Abteilung für Ingenieurvermessung und Messtechnik, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz.

Dr. Robert Weber, Abteilung Theoretische Geodäsie, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien.



## Das GPS-Grundnetz AREF-1 Auswertestrategie, Modellbildung und Kombination

*Robert Weber und Stefan Klotz, Wien*

### Zusammenfassung

Im Juni 1996 wurde von der GPS-Netz Ziviltechniker GmbH. (ZT), einem Zusammenschluß von 116 österreichischen Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen, ein landesweites Referenznetz mit einem mittleren Punktabstand von knapp 25 km mittels GPS eingemessen (AREF = Austrian Reference Frame). Die Meßdauer von nur 10 Tagen bei einer Sessionslänge von jeweils 24 Stunden war angesichts der Anzahl von ca. 330 Meßpunkten erstaunlich kurz und dokumentiert sowohl die Einsatzbereitschaft der Beteiligten als auch die gute Logistik bei der Durchführung der Feldarbeiten. Mit der Auswertung der Meßdaten wurden die Abteilung für Theoretische Geodäsie der TU-Wien (ITGG) und die Abteilung Satellitengeodäsie des Instituts für Weltraumforschung (IWFSG) beauftragt. Der vorliegende Artikel beschreibt einen Teil der im Zuge des Projekts am ITGG geleisteten Arbeiten, faßt die Resultate zusammen und endet mit einem Blick auf den praktischen Nutzen, der aus diesem Netzwerk in Zukunft gezogen werden kann.

### Abstract

In June 1996 the GPS-Netz Ziviltechniker GmbH. (ZT), an alliance of 116 Austrian engineering consultants, carried out a nationwide survey in order to establish a GPS-network with a mean point to point distance of about 25 km (AREF = Austrian Reference Frame). Despite the large number of about 330 network points to be occupied in 24 hours sessions, the campaign covers a period of only 10 days. This remarkable short duration demonstrates the willingness of the people involved and proves the carefully planned logistics behind the execution of the field work. The department of Theoretical Geodesy (University of Technology Vienna, ITGG) and the Department of Satellite Geodesy (Institute for Space Research, IWFSG) were appointed to serve as analysis centers. This article describes the AREF-related activities carried out at ITGG, summarizes the results and concludes with some remarks concerning the practical use of a network like AREF-1.

### 1. Testkampagne und Auswertekonzept

In der Zeit vom 22.2.1996–29.2.1996 wurden im Auftrag der GPS-Netz ZT Testmessungen mit GPS-Ausrüstungen verschiedener Hersteller im Raum Wien und Graz durchgeführt. Die Testkampagne sollte einerseits den Nachweis erbringen, daß auch eine Kombination der Meßsysteme verschiedener Hardwarehersteller durchaus die angepeilten Genauigkeitsanforderungen

für AREF-1 erfüllen kann und andererseits die Zweckmäßigkeit verschiedener Auswertestrategien prüfen. Basierend auf den Erfahrungen der Testkampagne wurde im April 1996 am ITGG ein Auswertekonzept für die Hauptkampagne erstellt. Einige der wesentlichen Vorgaben seien hier wiedergegeben, detailliertere Informationen können dem Kapitel 2 entnommen werden.

- a) Das AREF-1 – Netz möge in Präzision und Homogenität den augenblicklichen Stand