



AREF-1 – Das GPS-Grundnetz von Österreich als Basis der modernen telematischen Geodäsie

Herbert Ahrer ¹, Herbert Döller ²

¹ *Staatlich befugter und beeideter Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen in Vöcklabruck*

² *Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen, Bahnhofstraße 21, A-3830 Waidhofen a.d. Thaya*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **85** (2), S. 103–108

1997

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Ahrer_VGI_199713,  
  Title = {AREF-1 -- Das GPS-Grundnetz von {"O"}sterreich als Basis der modernen  
          telematischen Geod{"a"}sie},  
  Author = {Ahrer, Herbert and D{"o"}ller, Herbert},  
  Journal = {VGI -- {"O"}sterreichische Zeitschrift f{"u"}r Vermessung und  
            Geoinformation},  
  Pages = {103--108},  
  Number = {2},  
  Year = {1997},  
  Volume = {85}  
}
```





AREF-1 – Das GPS-Grundnetz von Österreich als Basis der modernen telematischen Geodäsie

Herbert Ahrer, Vöcklabruck und Herbert Döller, Waidhofen/Thaya

1. Einleitung

Durch den zunehmenden Einsatz von Satellitenmethoden in der Praxis, steigen die Ansprüche an das geodätische Festpunktfeld. Ziel ist es, die vorhandenen Festpunktfelder den modernen Erfordernissen in Hinblick auf Qualität und Quantität anzupassen. Durch Homogenisierung des Lagefestpunktfeldes soll es dem Benutzer möglich sein, neue Meßmittel wie GPS und/oder GLONASS wirtschaftlich und ohne Genauigkeitsverlust einzusetzen. Gleichzeitig kann eine Reduktion der Dichte der Festpunkte durchgeführt werden. In einer Kooperation zwischen dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) und der GPS-Netz Ziviltechniker GmbH wurde das vorhandene GPS-Netz AGREF (ca. 80 Punkte) durch weitere 250 Punkte zu einem österreichischen GPS-Grundnetz AREF-1 erweitert. Diese daraus abgeleiteten 3-dimensionalen Koordinaten im internationalen Rahmen ITRF94 bilden somit die Basis für ein modernes, benutzerorientiertes Festpunktfeld.

Die GPS-Netz Ziviltechniker GesmbH wurde über eine Initiative der Bundeskammer für Architekten und Ingenieurkonsulenten gegründet. Sie ist für jeden Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen (IKV) in Österreich offen und besteht zur Zeit aus 116 Mitgliedern. Jeder IKV kann Mitglied dieser Gesellschaft werden. Gegenstand des Unternehmens ist insbesondere die Schaffung eines „hochpräzisen GPS-Grundnetzes für Österreich“ und die Verwertung eines solchen Netzes mit dem Schwerpunkt „landesweite DGPS - Referenznetze“. Gerade die Notwendigkeit z.B. für GIS-Projekte österreichweit homogene Daten anbieten zu können, hat zur Gesellschaftsgründung geführt. Es ist aus geodätischer Sicht unverzichtbar, für GIS-Projekte keinen einheitlichen, absolut gelagerten Bezugsrahmen zu haben. Überregionale Projekte und positionsbezogene Telematikapplikation bedürfen ebenfalls einer einheitlichen Geo-Referenzierung. Die Basis für ein modernes geodätisches Festpunktfeld in Österreich wurde mit AREF-1 geschaffen. Dessen telematische Um-

setzung wurde durch ein Abkommen mit dem ORF (Österreichischen Rundfunk) zur Ausstrahlung von DGPS (DGNSS)-Korrekturen begonnen. Dieses Projekt wird gemeinsam mit dem BEV und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW - Satellitenstation Graz Lustbühl) durchgeführt.

2. AREF-1

Abbildung 1 vermittelt einen qualitativen Überblick über Zahl und Verteilung der Punkte des neuen österreichischen GPS-Referenznetzes. AREF-1 besteht in erster Linie aus einem homogenen Satz von rund 330 über eine Zeitdauer von zumindest 24 Stunden beobachteter Meßpunkte. Der Stationsplan beinhaltet auch weitestgehend eine Nachmessung der ca. 80 in Österreich gelegenen und in den Jahren 1990–1994 erstmalig beobachteten AGREF-Punkte [5].

2.1. Grundlagen und Durchführung

Die AREF-1 Meßkampagne wurde im Juni 1996 innerhalb von nur 10 Tagen abgeschlossen. Die mit 24 Stunden festgelegten Beobachtungsreihen wurden mit insgesamt 64 Zweifrequenz-Empfängern ausgeführt. Mehr als hundert Ingenieure und Techniker waren im Einsatz und legten mehr als 140.000 km zurück. Die Auswertung durch die Österreichische Akademie der Wissenschaften und die Technische Universität Wien ist nunmehr beendet und weist Genauigkeiten in der Lage von besser als 10 mm und in der Höhe von besser als 20 mm auf.

Das AREF-1-Netz repräsentiert in Präzision und Homogenität den augenblicklichen Stand der Meßtechnik. Die angestrebte Lagegenauigkeit lag bei ± 1 cm, jene der Höhe bei ± 2 cm. Aufgrund der Sessionslänge von 24^h wurden allerdings deutlich bessere äußere Genauigkeiten erzielt. Mit Hilfe wiederholter GPS-Messungen in den nächsten Jahren (z.B. alle 3–5 Jahre) bzw. durch Einarbeitung der an den AREF-2-Punkten laufend anfallenden Meßdaten (minimale Aufstellungsdauer: 8 Stunden) kann AREF-1 durch ein bundesweites kinematisches

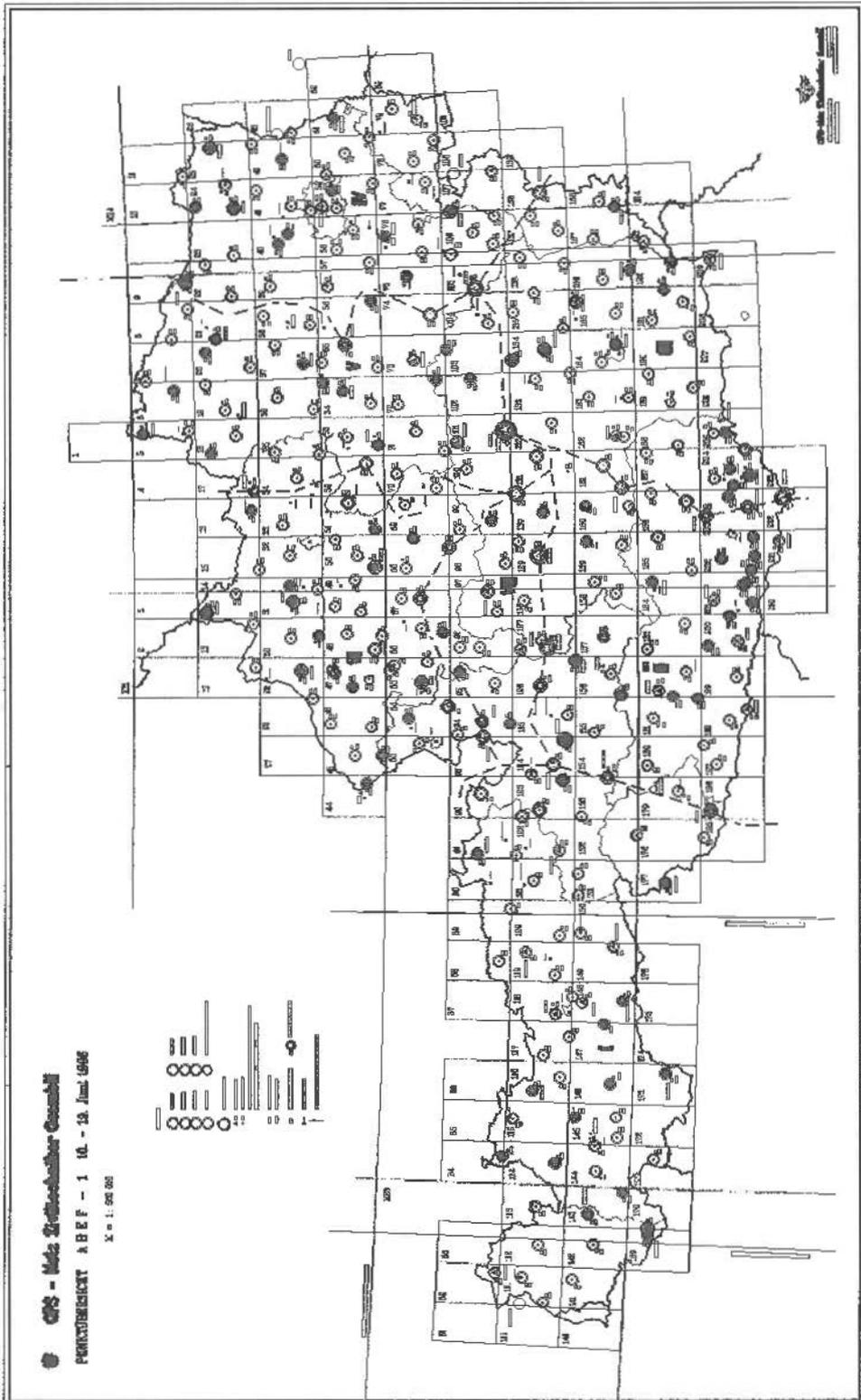


Abb. 1: Das GPS-Netz AREF-1 – eine Punktübersicht

Software, die's zeigt!

6. Österreichischer
Geodätentag Villach
4. bis 6. Juni 1997

WinGIS™

Das ultimative GIS System

- ▶ offenes (hybrides) PC System
- ▶ objektorientiert
- ▶ praxisgerecht
- ▶ interessantes Preis-/Leistungsverhältnis
- ▶ Windows 3.1. / '95 / NT
- ▶ leichte Erlern- und Bedienbarkeit
- ▶ offene Datenbankschnittstelle (ODBC, DDE)
- ▶ Vielzahl an Fachschalen
(Datenbankapplikationen für öffentliche Verwaltung und EVU)

- Abfragemöglichkeiten aus Graphik- und Sachdatenbank
- Visualisieren von Sachattributen durch Variantenkarten, Businessgrafiken und Beschriftungen von Objekten aus der Datenbank
- Einfache Verknüpfung mit Multimedia Komponenten
- Grafik- und Datenbank Monitoring
- Grafikeditor mit zahlreichen praxisgerechten Funktionalitäten
- Reiche Schnittstellenpalette (EDBS, ALK - GIAP, GRIPS, SICAD, Intergraph, DKM, Arc-Info, MapInfo, ASCII, etc. ...)
- Hohe Geschwindigkeit durch objektorientierte Programmierung
- Vielzahl an Modulen (Turboraster, Routing, GPS, etc. ...)

Internet:
<http://www.progis.co.at>

WinGIS™, WinMAP™, WinMAP SDK™



PROGIS™

Software, die's zeigt!

PROGIS Kompetenz - Zentren: Austria (Headquarter) Tel. +43 4242 26332, Fax +43 4242 26332 7, e-mail: office@progis.co.at / USA / Moscow / Singapore / Egypt/North Africa / Japan / Indonesia / India

Einsatzbereiche:

- kommunale bzw. öffentliche Verwaltung
- Leitungsbetreiber (Öl, Gas, Wasser, Elektrizität, etc.)
- Ingenieurbüros (Geodäsie, Land- & Forstwirtschaft, Ökologie, etc.)
- Geomarketing (Handel - Gewerbe - Industrie)
- Universitäten & Forschungsanstalten

ICC 97 / Halle 15-20
23. bis 27. Juni
Stockholm

Progis Qualifier
Seminar
17. bis 19. Sept.
Faak am See

Modell ergänzt werden. Alle Vorkehrungen die eine möglichst problemlose Einbindung zukünftiger Meßepochen erlauben, wurden bei der Auswertung der AREF-1 berücksichtigt. Die Auswertung erfolgte unter Nutzung der aktuellsten Version der Berner Software (Version 4.0). Die Anzahl der hierarchischen Punkteebenen wurde möglichst gering gehalten. Es wurden 3 Ebenen geschaffen [3].

Ebene A: Globale und regionale IGS-Referenzstationen: Borowiec, Graz, Hafelekar, Padua, Pecny, Penc, Wettzell, Zimmerwald

Ebene B: Kampagnenspezifische Permanentstationen (Inland sowie nahes Ausland): Heerbrugg, Pfänder, Patscherkofel, Großer Mühlsee, Golling, Hochpyhra, Neunkirchen, Ried, TU-Wien, Oswald, Hutbiegl, Sopron

Ebene C: Alle verbleibenden AREF-1 Punkte.

Die Satellitenbahninformation wurde vom Internationalen GPS Dienst für Geodynamik bezogen (IGS-Final Orbits). Die Auswertung erfolgte im Referenzrahmen der Bahnbestimmung zur Epoche der Meßkampagne (ITRF93, Epoche 1996.45 = 15. Juni 1996). Transformationsparameter und Berechnungsvorschriften zur Umrechnung in einen anderen globalen (ITRFxx) oder europäischen (ETRFxx) Referenzrahmen sind z.B. in [1] oder [6] zu finden. Von IGS bzw. CODE bereitgestellte Informationen über das regionale Verhalten von Troposphäre und Ionosphäre wurden berücksichtigt [8].

Die Auswertung erfolgte sessionsweise, wobei allerdings auf das von den Permanentstationen der Ebene B kontinuierlich vorliegende Meßdatenmaterial speziell Rücksicht genommen wurde. Die Berechnung erfolgt mittels der ionosphärenfreien Linearkombination L3, wobei die reellwertigen Ambiguities vorwegeliminiert wurden. Troposphärenparameter wurden relativ zu den Stationen der Ebene A alle 2 Stunden geschätzt [8].

Es standen 5 Empfängertypen renommierter Hersteller (Leica, Trimble, Geotracer, Ashtech und Rogue; geordnet nach der Anzahl der beteiligten Geräte) und 7 verschiedene Antennentypen im Einsatz.

Im Zuge der Auswertung wurde damit eine Phasenzentrenexzentrizitätsdatei geschaffen, welche neben den Punktkoordinaten eine der wesentlichen Ergebnisse der Auswertung darstellt, die den Gesellschaftern der GPS-Netz GmbH auch in Zukunft die oft unvermeidbare

Verwendung diverser Antennentypen im Zuge eines GPS-Projektes erlaubt [8].

Der mittlere Punktabstand von nur 20 km - 25 km erlaubt in Zukunft eine wirtschaftliche Verdichtung in Gebieten mit erhöhtem Aufkommen von Vermessungsarbeiten (Detailprojekte). Einige Ergebnisse von begleitend zu AREF-1 gemessenen Projekten können bereits jetzt den Grundstock einer weiteren AREF-Punktebene (AREF-2, 2. Ordnung) bilden.

2.2. Beurteilung der äußeren Genauigkeit der Punktlage

Eine Möglichkeit zur Beurteilung der äußeren Genauigkeit der berechneten Koordinaten liegt sicher im Vergleich der Lösungen der in mehreren Sessions besetzten Punkten. Speziell Beobachtungen in nicht aneinandergrenzenden Sessions oder mit neuer Geräteaufstellung können als weitgehend unkorreliert angesehen werden.

Standardabweichung der mehrfach besetzten Punkte in der ITGG-Lösung:

$$\begin{aligned} \text{Nord: } & \pm 5.1 \text{ mm} \\ \text{Ost: } & \pm 2.1 \text{ mm} \\ \text{Höhe: } & \pm 7.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Daß auch obige Werte (speziell Ost) als zu optimistisch angesehen werden müssen, liegt nicht zuletzt am einheitlichen Auswerteschema. Der Faktor 2.5 zwischen Nord- und Ostkomponente läßt sich auf den Anschluß der Punktebene C an unterschiedliche Stationen des Referenzrahmens in verschiedenen Session erklären (Systematik).

Eine mehr realistische, auf der Basis vergleichbarer Projekte beruhende, Beurteilung der äußeren Genauigkeit der Koordinaten liefert:

$$\begin{aligned} \sigma_L &= \pm 0.008 \text{ m} & \text{Lage,} \\ \sigma_H &= \pm 0.013 \text{ m} & \text{Höhe.} \end{aligned}$$

3. Telematik und Grundlagentetze

Die Bedeutung des Grundlagentetzes hat den rasanten Wandel der Geodäsie und seiner Sensorik mitgemacht. Der Zugang zu den Informationen über das amtliche Festpunktfeld erfolgte bislang in konventioneller analoger Form des technischen Operates (siehe österreichisches Vermessungsgesetz bzw. Vermessungsverordnung). Die digitale Aufbereitung dieser Informationen stellt die Koordinatendatenbank (KDB) dar. Konsequenterweise kann daher der zeitgemäße Zugang zu Festpunktinformationen

mit Methoden der Telematik erfolgen. Eine solche Möglichkeit stellt die Einrichtung eines DGPS (DGNSS) Dienstes dar. Hierbei stehen (wenn auch kostenpflichtig) die Korrekturdaten der Referenzstationen in telematischer Form den Nutzern mit verschiedensten Genauigkeitsansprüchen zur Verfügung.

4. Echtzeitdienste

Die Nutzung und Verbreitung der Daten als Basis für Echtzeit DGNSS-Dienste war eine wesentliche Motivation für die Schaffung des Netzes AREF-1 [2]. Die „Gruppe Vermessung“ (ÖAW, BEV und GPS-Netz ZT GesmbH) wurde definiert um den modernen Aufgaben im Bereich der Echtzeitpositionierung gerecht zu werden. Im Sinne einer Experten-Fusion [7] wird von dieser Gruppe versucht, für Österreich eine optimale Lösung für GPS-Echtzeitdienste zu finden. Mit dem Österreichischen Rundfunk wird an einem Broadcast-Dienst basierend auf 20 Referenzstationen (siehe Abbildung 3) und mit Übertragung durch die SWIFT (System for Wireless Infotainment Forwarding and Teledistribution, [4])-DARC-Technik (Data Radio Channel) gearbeitet. Europaweit gilt dieses Netzkonzept als technologisch an vorderster Front stehend. Ab Anfang Mai startet ein Flächenversuch im Bereich der Sender Kahlenberg, Jauerling, Lichtenberg (Versorgungsgebiet siehe Abbildung 2), womit ca 30 % der Fläche Österreichs mit Korrekturen versorgt werden.

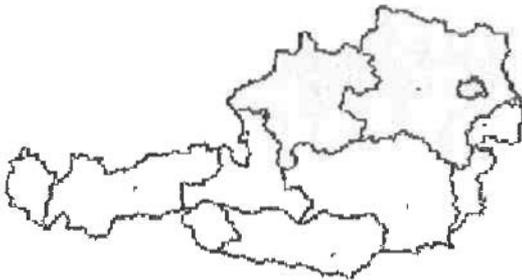


Abb. 2: Einzugsbereich des SWIFT-DGPS-Flächenversuches für Wien, Niederösterreich und Oberösterreich

Aus den Testergebnissen und praktischen Erfahrungen dieses Testes wird eine Aussage über das definitive Netzkonzept und die endgültige Ausbaustufe eines österreichweiten Netzes ab-

geleitet. Parallel dazu wird mit Marktstudien die Rentabilität eines solchen Netzausbaues überprüft.

5. Ausblick über moderne, dynamische Bezugssysteme und deren Verbreitung

Der neue österreichische Bezugsrahmen AREF-1 muß kurzfristig durch Prüfung und Sicherung der Stabilisierungen und durch Nachbesetzung bislang einfach eingemessener AREF-Punkte im Zuge von Projektarbeiten, sowie durch AREF-2 (Verdichtungsnetze) abgesichert werden.

Mit AGREF und AREF-1 wurde ein GPS-Grundnetz geschaffen, auf dem weitere technische Entwicklungen aufgebaut werden können. Die telematische Umsetzung der Informationen ist mit dem SWIFT-Referenznetz im Aufbau begriffen. Für die Geodäsie in Österreich bedeutet dieses einheitliche und gemeinsame Vorgehen von Behörde, Wissenschaft und Praktikern einen historischen Meilenstein. Die Umsetzung der gemeinsamen Ideen soll die österreichische geodätische Gesellschaft weit in das nächste Jahrhundert prägen.

Dank

Für die gute Zusammenarbeit im Rahmen der AREF-1 Kampagne möchte die GPS-Netz ZT GesmbH der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Prof. Sünkel), der Technischen Universität Wien (Prof. Brettlebauer, Prof. Kahmen), der Technischen Universität Graz (Prof. Brunner, Prof. Hofmann-Wellenhof) und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen herzlichen Dank aussprechen. Dem ORF sei für die konstruktive Kooperation gedankt.

Literatur

- [1] Boucher C., Altamimi Z., Duhem L.: Results and Analysis of the ITRF93, IERS Technical Note 18, Central Bureau of IERS, Observatoire de Paris, 1995.
- [2] Döller H.: An open Cellular Concept for A RTDGPS reference-Network in Austria. In: Proceedings of the DSNS96, St. Petersburg, Russia, May, 1996.
- [3] Döller H., Erker E., Weber R.: Das GPS-Grundnetz von Österreich als Basis der modernen telematischen Geodäsie. In: Schriftenreihe zum Deutschen Geodätentag 1997, Karlsruhe, 1997.
- [4] EUREKA 1197: Overview of the Swift Data Broadcast Network. Report of the Eureka1197 Project by CCETT, NMA, TDF, TELENOR, TERACOM, 1994.
- [5] Pesec P., et al.: Das Österreichische Geodynamische Bezugssystem AGREF - Realisierung und Ergebnisse. Graz, Jänner 1997.
- [6] Seeßer H.: EUREF - Status Report 1995
- [7] Sünkel H.: Global Problem Solver. A Contribution to the 2. GPS-Netz ZT GesmbH. Conference. Graz, April, 1997
- [8] Weber R.: GPS-Grundnetz AREF-1, Wien, 1997

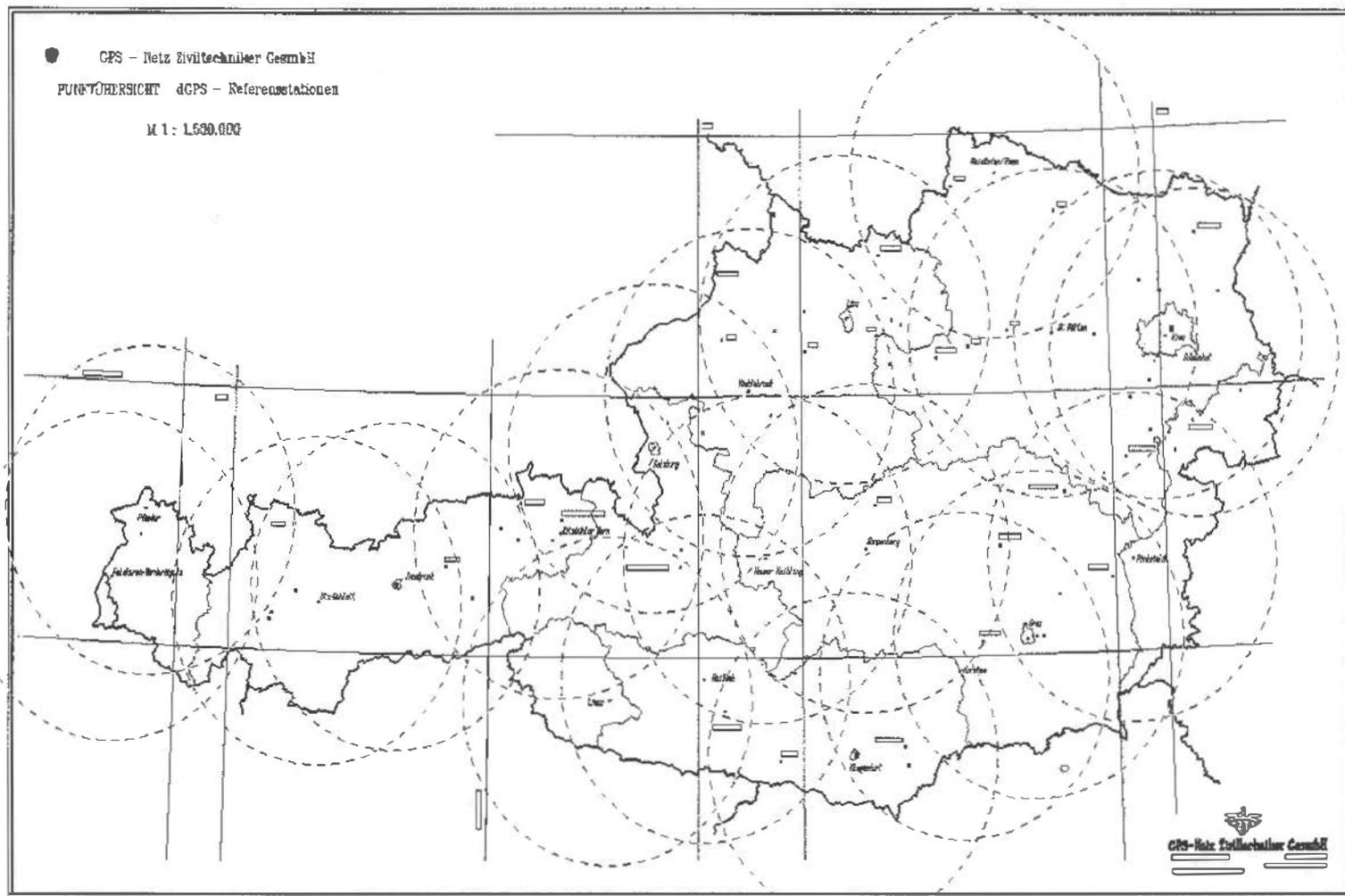


Abb. 3: DGPS-Referenzstations Übersicht Phase I (Ausbau mit 20 Stationen und 70 km Radius bei redundanter Überdeckung)