

## REALISIERUNG EINES DREIDIMENSIONALEN HOCHGENAUEN ITRF-REFERENZSYSTEMS ZUR SATELLITENGESTÜTZTEN GNSS-POSITIONIERUNG IN NAMIBIA<sup>1</sup>

### Einführung

Die breite interdisziplinäre Nutzung globaler Satellitennavigationssysteme (GNSS) wie GPS, GLONASS, GALILEO in Navigation, Vermessung und Geodatenerfassung zieht graduell die Verdrängung der weltweit in einer Anzahl von mehreren hundert nicht GNSS bzw. ITRF (International Terrestrial Reference Frame) konsistenten klassischen Landessysteme nach sich. Das ITRF besteht aus ca. 200 permanent betriebenen GPS/VLBI-Beobachtungsstationen, die unter dem Dachverband IGS (International Geodynamics Service) und dessen global vernetzten Mitgliedsinstitutionen und Rechenzentren betrieben werden. Der IGS stellt via Internet die Stationsbeobachtungsdaten sowie weitere sogenannte IGS-Produkte (hochgenaue Satellitenbahndaten, IGS-Stationenkoordinaten, Plattengeschwindigkeiten, Satellitenuhrparameter, Troposphären- und Ionosphärenparameter, etc.) für eine sub-cm genaue GNSS-basierte ITRF-Positionierung zur Verfügung. Moderne Landesnetze und Geodatenbanken werden daher in zunehmendem Maße weltweit in GNSS/ITRF konsistenten Referenzsystemen - wie z.B. dem europäischen ETRS89-System - eingerichtet und fortgeführt. ITRF-Netze erlauben landesweit die allen herkömmlichen terrestrischen Verfahren in Leistungsspektrum und Wirtschaftlichkeit überlegene direkte bzw. transformationsfreie GNSS-Positionierung mit einer bis in den 1\_cm-Bereich hineinreichenden Genauigkeit. In Verbindung mit GNSS-Korrekturdatendiensten kann dies auch in Echtzeit erfolgen.

Die 1997 am Beginn des FuE-Projektes gestandene GPS-basierte Neubestimmung eines ITRF-basierten Grundlagennetzes für Namibia [3], [4] ging im obigen Kontext unmittelbar einher mit der Empfehlung eines von der Regierung in Auftrag gegebenen Gutachtens zur Landentwicklung Namibias. Die Empfehlung erfolgte auch vor dem Hintergrund, dass das alte namibische Landesnetz prinzipiell nicht den Genauigkeitsanforderungen des GNSS-Zeitalters gewachsen ist und zum Teil beträchtliche Lücken aufweist. Die als Kooperationsprojekt zwischen dem privaten namibischen Kooperationspartner African Geomatics Ltd., der namibischen Regierung und der Fachhochschule Karlsruhe stattfindenden FuE-Projekt, der Realisierung eines dreidimensionalen hochgenauen ITRF-Referenzsystems zur satellitengestützten GNSS-Positionierung, erfolgt als 3-Stufenkonzept in den nachfolgend dargestellten Teilprojekten. Die ein-

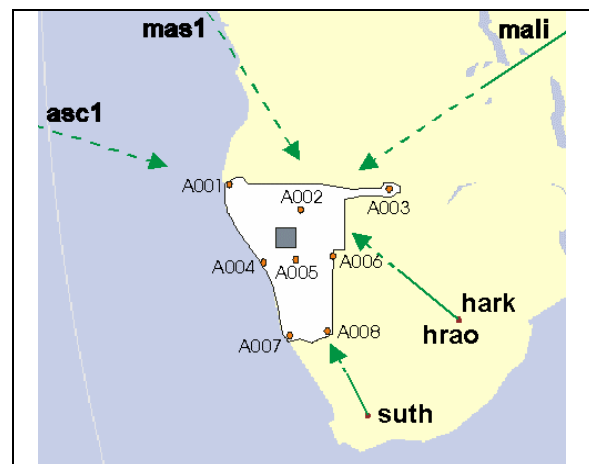
zelnen Teilprojekte werden unter der Leitung von Prof. Dr. Jäger sowie seitens Dipl.-Ing. Walter Volkmann, African Geomatics Ltd. jeweils über Diplomarbeiten und unter Einbindung in weitere adäquate FuE-Projekte realisiert.

**Prof. Dr.-Ing. Reiner Jäger** ist seit 1995 Mitglied des Fachbereichs Geoinformationswesen und des Instituts für Geomatik (IfG) und Mitleiter des GNSS/GPS-Labors. Er vertritt an den Studiengängen Vermessung und Geomatik und Geomatics (MSc) die Bereiche Satellitengeodäsie, Mathematische Geodäsie und Softwareentwicklung. Seine Forschungsschwerpunkte sind GNSS-basierte Monitoring Systeme, Höhenbezugsflächenmodellierung sowie mathematische Modelle und Ausgleichsalgorithmen für GNSS-bezogene Transformationsaufgaben.



### 1) Teilprojekt NAM97/98 - GPS-basierte Bestimmung des neuen ITRF-basierten Grundlagennetzes NAM98

Die Teilprojekte NAM97 [1] und NAM98 [2] dienen der GPS-basierten Bestimmung des aus 8 Punkten bestehenden neuen ITRF-basierten Grundlagennetzes 1. Ordnung NAM97/98 (Abb. 1). Die GPS-Beobachtungen auf den namibischen Netzpunkten von NAM97/98 wurden in zwei unabhängigen 24 Stunden Sessions durchgeführt. Der ITRF-Anschluß erfolgte im Datum ITRF96\_1998.10 [3] an die IGS-Stationen ASC1 (Ascension Island, Atlantik Atlantik), MAS1 (Maspalomas, Tenerifa), MALI (Malindi, Kenia), HRAO (Hartebeesthoek, Südafrika) und SUTH (Sutherland, Südafrika) (Abb.1).



**Abb. 1:** ITRF Grundlagennetz NAM97/98 und umgebende ITRF-Anschlußstationen des IGS.

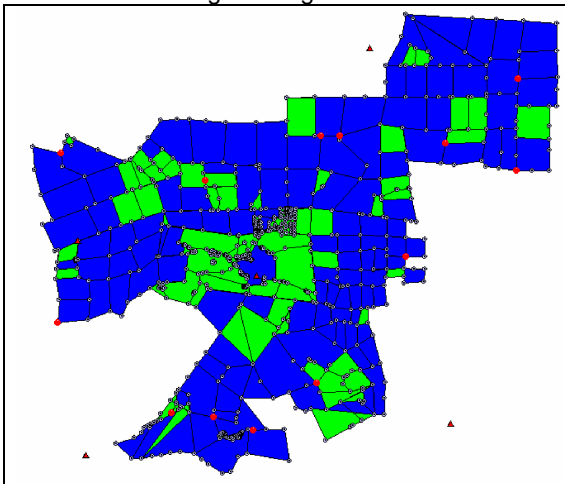
<sup>1</sup> Aus: Forschungsbericht 2003. FH Karlsruhe – University of Applied Sciences (Hrsg.). Karlsruhe

Die GPS-Auswertungen wurden mit der am GPS-Labor des FB Geoinformationswesen vorhandenen

Software des Astronomischen Instituts der Universität Bern („Berner GPS-Software“) unter Nutzung der o.g. IGS-Produkte durchgeführt. Die international renommierte und fachlich-wissenschaftlich höchst anspruchsvolle Berner GPS-Software wurde für GPS Auswertungen hoher Genauigkeit bei Punktabständen bis 2000 km entwickelt. Für NAM97/98 wurden eine innere bzw. äußere Genauigkeit von 3mm / 5mm bzw. 10 mm / 15 mm für Lage / Höhe erreicht [2] und mit den Softwarepaketen GPS3D, NETZ2D und HEIDI nachgewiesen. Damit behauptete sich das Projektteam FH Karlsruhe und African Geomatics Ltd. auch im internationalen Wettbewerb und erhielt den Zuschlag für die ermittelten amtlichen Koordinaten von NAM97/98 [3], [4].

## 2) Teilprojekt NAM2000 - Transformation der klassischen Katasterdatenbestände in das ITRF-basierte Datum NAM97/98

Die GNSS-basierte Fortführung der in den klassischen Landesdatumssystemen "Schwarzeckdatum" und "Base North (V)" Namibias vorliegenden Positionsdaten  $(N,E)_{klass}$  erfordert die Transformation der klassischen Datenbestände in das ITRF-Datum  $(N,E)_{NAM97/98}$ . Nach theoretischen Studien zu verschiedenen Transformationskonzepten erfolgte seitens der Projektteams African Geomatics Ltd. und FH Karlsruhe die softwaremäßige Realisierung eines für Namibia adäquaten Ansatzes und statistischen Qualitätssicherungskonzeptes über eine Netzausgleichung.



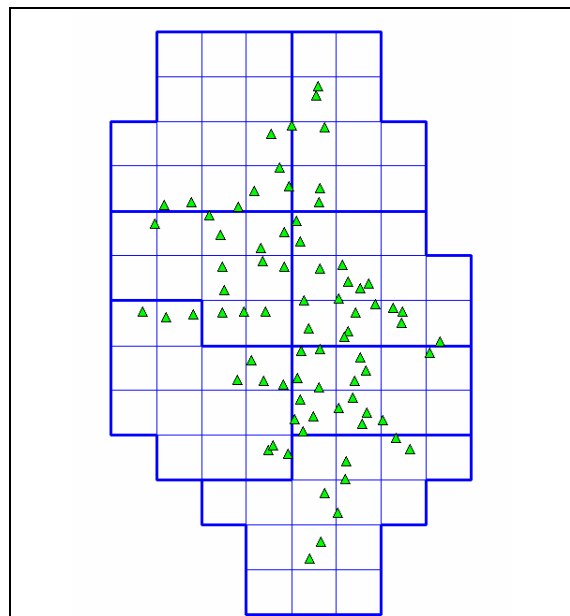
**Abb. 2:** Visualisierung des ITRF-transformierten Datenbestandes einer Flurkarte mit kritischen Datenbeständen (grün) und Passpunkten (rot).

Das zweistufige Transformationskonzept besteht aus einer genäherten räumlichen 3D-Vortransformation ins ITRF-Datum, der anschließenden Berechnung genäherter Lagekoordinaten und deren weitere Integration als ebene Ähnlichkeitstransformation mit der Software NETZ2D [5]. Somit können auch weitere Daten bzw. Kontrollmessungen in Form von terrestrischen Messungen sowie GPS-Daten und Anschlusspunkte Gegenstand

des Transformationsschritts sein. Die praktische Realisierung erforderte die Anbindung der entwickelten Transformationssoftware an die unter MS-ACCESS vorliegenden Basisdaten des namibischen Katasters sowie die Implementierung einer Schnittstelle zur Portierung der ITRF Transformationsergebnisse in die in Namibia eingesetzte GIS-Software ArcView. Im Pilotprojekt NAM2000 [5] wurde eine repräsentative Auswahl der ca. 200 Flurkarten Namibias erfolgreich bearbeitet (Abb. 2)

## 3) Teilprojekt NAM2002 – Berechnung einer DFHBF-Höhenbezugsfläche zur GNSS-Höhenpositionierung für Namibia und Windhuk

Während die Transformation der GNSS-Lageposition mit dem Übergang auf das ITRF-basierte Lagdatum NAM97/98 künftig entfällt (Teilprojekt 2), erfordert die GNSS-basierte Bestimmung von Landeshöhen  $H$  prinzipiell die Transformation der ellipsoidischen GNSS/GPS-Höhen  $h$  auf die physikalisch definierte Landeshöhenbezugsfläche (HBF). Gegenstand des Teilprojekts 3 ist daher die Berechnung und Qualitätsanalyse der DFHBF\_DB Namibia unter Einbindung zusätzlicher GPS-Messungen als Kooperationsprojekt zwischen African Geomatics Ltd. und dem IfG der FH Karlsruhe [6]. Dieses Teilprojekt ist in das FuE-Projekt DFHBF ([www.dfhbf.de](http://www.dfhbf.de)) eingebunden.



**Abb. 3:** Maschen- und Geoidpatch-Design zur Berechnung der  $<_3_{cm}$  DFHBF des Bezirks Windhuk mit Höhenpasspunkten (grün).

Die Berechnung der landesweiten DFHBF-Datenbank für Namibia zur paßpunktfreien Konvertierung ellipsoidischer GPS-Höhen  $h$  in orthometrische Landeshöhen  $H$  wird mit dm-Genauigkeit, die der DFHBF\_DB des Bezirks der Hauptstadt Windhuk mit einer Genauigkeit von  $<_3_{cm}$  angestrebt. Das laufende Teilprojekt 3 vervollständigt mit der

DFHBF\_DB-Realisierung die Einzelkomponenten des GNSS-fähigen hochgenauen ITRF-basierten Referenzsystems für Namibia.

#### 4) Literaturverzeichnis

- [1] Christmann, N. und J. Rohrbacher (1998): *Realisierung des GPS-basierten Grundlagennetzes NAM97 für Namibia*. Diplomarbeit am Studiengang Vermessung und Geomatik, FH Karlsruhe.
- [2] Christmann, I.; Niethammer, S. und A. Schick (1999): *Pilotprojekt Nam98 – Realisierung von Beobachtungs- und Auswertestrategien zur GPS-basierten Netzverdichtung, adäquate C++-Softwareentwicklung sowie Berner-GPS-Software basierte Berechnung des ITRF-Grundlagennetzes für Namibia*. Diplomarbeit am Studiengang Vermessung und Geomatik, FH Karlsruhe.
- [3] Jäger, R.; Volkmann, W.E.; Niethammer, S.; Christmann, I. and A. Schick (1999): *NAM97-Report – Calculation of a Zero Order ITRF based Reference Network for Namibia*. Republic of Namibia, Ministry of Lands, Resettlement and Rehabilitation, Directorate of Survey and Mapping (ed.). 26 pages.
- [4] Volkmann, W.; Engelhardt, D.; Niethammer, S.; Christmann, I.; Schick, A. und R. Jäger (2000): *ITRF Network for Namibia*. Poster and Paper presented to IGS-Workshop, Capetown, 31-March 2000, South Africa.
- [5] Herty, A. und C. Schmidt (2000): *Pilotprojekt NAM2000 - Realisierung eines Konzepts zur kontrollierten Transformation des heterogenen namibischen Koordinatenkatasters in das neue ITRF-Netz NAM98 mit den Arbeitsschwerpunkten theoretische Konzeptstudien, GPS-Netzverdichtung, GIS- und Datenbankbindung, C++-Softwareentwicklung und Netzausgleichung*. Diplomarbeit am Studiengang für Vermessung und Geomatik, FH Karlsruhe.
- [6] Hoffmann, A. und S. Tepper (2002): Planung, Berechnung und Qualitätsanalyse der DFHBF\_DB Namibia und Windhuk unter Einbindung zusätzlicher GPS-Messungen als Kooperationsprojekt zwischen African Geomatics und der University of Applied Sciences (FH) Karlsruhe sowie begleitende C++-Softwareentwicklungen. Diplomarbeit am Studiengang für Vermessung und Geomatik, FH Karlsruhe.