

# Kooperation zwischen dem Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe (TH), dem Ukrainian Antarctic Center und der National Academy of Sciences (Ukraine)

Michael Mayer<sup>1</sup>, Bernhard Heck<sup>1</sup>, Gennadi Milinevsky<sup>2</sup>, Rudolf Greku<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geodätisches Institut, Universität Karlsruhe (TH)

<sup>2</sup> Ukrainian Antarctic Center, Kiew, Ukraine

<sup>3</sup> Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences, Ukraine

## Historie

Im Rahmen des durch das BMBF geförderten Projekts "Referenznetz Antarktis II" sowie eines weiteren DFG-geförderten Projekts und dadurch ermöglichten Aufenthalten von Mitarbeitern des GIK (Geodätisches Institut, Universität Karlsruhe (TH)) auf der Ukrainischen Station Vernadsky der Antarktischen Halbinsel entwickelte sich eine fruchtbare Zusammenarbeit sowohl im logistischen und organisatorischen Bereich als auch - v.a. forciert durch gegenseitigen Datenaustausch - auf wissenschaftlichem Sektor.

## Wissenschaftliche Kooperation

Das GIK ist im Rahmen von umfangreichen Forschungsarbeiten bestrebt, die Möglichkeiten, die durch den Einsatz des Sensors GPS bestehen, umfassend zu nutzen. Beispielfhaft angeführt werden soll an dieser Stelle sowohl die **geodätische Verwendung** von GPS-Beobachtungen zur Bestimmung von horizontalen, vertikalen und dreidimensionalen absoluten und relativen Positionen sowie den daraus abgeleiteten Bewegungen als auch die Verwendung von GPS um atmosphärische Bestandteile z.B. **Wasserdampf** zu ermitteln. Im Besonderen werden diese wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der Antarktischen Halbinsel durchgeführt.

Bei der Bestimmung von **Schätzwerten für den atmosphärischen Wasserdampfgehalt** basierend auf der Auswertung von GPS-Beobachtungen ist der fundamentale funktionale Zusammenhang zwischen dem Brechungsindex  $n$  bzw. der Brechungszahl  $N$  und dem Einfluss der elektrisch neutralen Atmosphäre  $NEU$  entlang des gekrümmten Signalweges  $s$  gegeben durch

$$\frac{Zent}{NEU} = \frac{SV}{n} \frac{ds}{10^6} \frac{NEU}{s}$$

Hierbei ist  $N$  eine Funktion der meteorologischen Parameter Druck der trockenen Atmosphäre  $p_d$ , Wasserdampfdruck  $e$  und Temperatur  $T$  sowie der experimentell bestimmten Konstanten  $k_1, k_2, k_3$ .

$$N = k_1 \frac{p_d}{T} + k_2 \frac{e}{T} + k_3 \frac{e}{T^2}$$

Basierend auf den Schätzungen für den feuchten Anteil des zenitalen neutrosphärischen Einflusses können Beiträge für den integrierten Wasserdampf ( $IPWV$ ) oder die äquivalente flüssigen Wasser ( $IPWV_f$ ) in Zenitrichtung bestimmt werden. Dabei hängt der Parameter  $IPWV$  von den empirischen Konstanten  $k_1, k_2$  und den spezifischen Gaskonstanten der trockenen und feuchten Luft  $R_w, R_d$  sowie von der mittleren atmosphärischen Temperatur  $T_m$  und der Dichte des Wassers  $\rho_w$  ab.

$$IPWV = \frac{Zent}{NEU} \frac{10^6}{R_w} \frac{k_1}{T_m} + k_2 \frac{k_1}{T_m} \frac{M_w}{M_d}$$

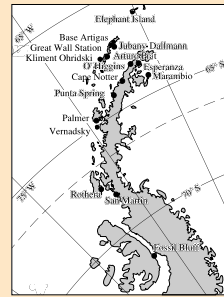
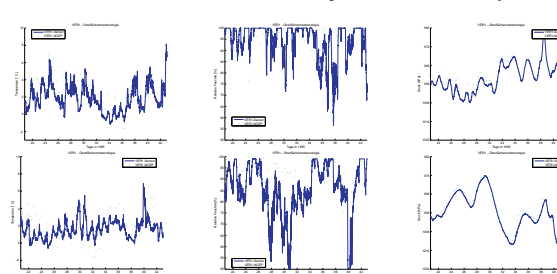
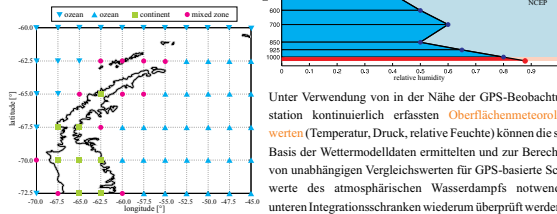
Zur **unabhängigen Verifikation** der GPS-basierten Ergebnisse können  $IPWV$ -Werte bspw. aus **numerischen Wettermodellen** (z.B. NCEP reanalysis) abgeleitet werden. Hierzu sind funktionale Zusammenhänge in Abhängigkeit von spezifischer Feuchte  $q$  und Schwerebeschleunigung der Erde  $g$  notwendig. Unter Verwendung der Idealgas-Annahme gilt

$$IPWV_f = \frac{p}{g} \frac{q}{\rho_w} \quad IPWV_{ref} = \frac{1}{g} \frac{H}{H_0} \frac{e}{T} \frac{dH}{dT}$$

Falls lediglich räumlich (vertikal, horizontal) schlecht aufgelöste Modelldaten vorliegen, sind Inter- bzw. Extrapolationen unumgänglich. Bspw. kann dies notwendig werden, wenn Informationen für GPS-Beobachtungsstationen erzeugt werden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn Bedingungen eingeführt werden. Daraus resultiert

$$IPWV_{ref} = \frac{P_{200}}{P_{ref}} \frac{q_{ref}}{q_{200}} \frac{H_{ref}}{H_{200}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{IPWV_{ref}}{IPWV_{200}} = \frac{P_{200}}{P_{ref}} \frac{q_{ref}}{q_{200}} \frac{H_{ref}}{H_{200}}$$

$$IPWV_{ref} = \frac{1}{R_w} \frac{H_{200}}{H_{ref}} \frac{e_{ref}}{e_{200}} \frac{T_{ref}}{T_{200}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{IPWV_{ref}}{IPWV_{200}} = \frac{H_{200}}{H_{ref}} \frac{e_{ref}}{e_{200}} \frac{T_{ref}}{T_{200}}$$



Antarktische Halbinsel, GPS-Stationen

## Ukrainische Auswertestrategie

Basierend auf der wiederholten und mehrtägigen Besetzung im März 2002 und im Februar 2003 wurde unter Verwendung der vom Australischen Space Geodesy Analysis Centre (AUSPOS) angebotenen kostenfreien **automatischen Prozessierung** eine Bewegung im ITRF des GPS-Markers Vernadsky von ca. 7 mm/a in ungefähr **nördöstlicher Richtung** postuliert.

Im Rahmen der AUSPOS-Auswertung wurden die Beobachtungen der nächstgelegenen vier IGS-Stationen verwendet. Daraus resultieren teiw. sehr große Punktabstände, was u.A. die Bestimmung der Phasenmehrdeutigkeiten erschweren kann, woraus wiederum Genauigkeits- und Zuverlässigkeits-einbußen resultieren können. Auf Grund der kurzen Zeitbasis, der fehlenden Redundanz und der resultierenden Genauigkeiten ist die ermittelte Bewegung als **nicht signifikant** zu bezeichnen.

## Intention

Während einer Diskussion zwischen Dr. H.-W. Schenke (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung), Vertretern der National Academy of Sciences (NAS) der Ukraine und Mitarbeitern des GIK wurde festgestellt, dass zwischen einer im Auftrag der NAS durchgeführten GPS-Auswertung mit anschließender Bewegungsermittlung und der im Rahmen der "Referenznetz Antarktis II" bestimmten Koordinaten des GPS-Punktes der antarktischen Station Vernadsky sowie des am GIK ermittelten Bewegungsverhaltens für diesen GPS-Punkt eine erhebliche **Discrepanz** besteht. Deshalb wurde eine erneute Daten-Auswertung aller vorliegenden GPS-Daten beschlossen, um eine **zuverlässige, genaue und endgültige Aussage hinsichtlich des Bewegungsverhaltens** treffen zu können.

## Datengrundlage Vernadsky

| Jahr | Zeitraum      | Taktrate | Beobachter            | Station |
|------|---------------|----------|-----------------------|---------|
| 1998 | 21.01.-10.02. | 15 s     | GAP (Salbach)         | VER1    |
| 2002 | 22.01.-12.02. | 5 s      | GIK (Depenthal)       | VER1    |
| 2002 | 06.03.-17.03. | 15 s     | ECOMM Co (Ladanovsky) | VER     |
| 2003 | 11.02.-22.02. | 30 s     | ECOMM Co (Ladanovsky) | VER     |
| 2004 | 07.03.-09.03. | 30 s     | ECOMM Co (Ladanovsky) | VER     |

## Strategie der Analyse

Zur Bestimmung sowohl von absolutem, ITRF-basiertem als auch relativem Bewegungsverhalten der GPS-Station Vernadsky wurde eine Positionierung in Abhängigkeit von der festgehaltenen **IGS-Station O'Higgins** unter Verwendung der Berner GPS-Software durchgeführt.

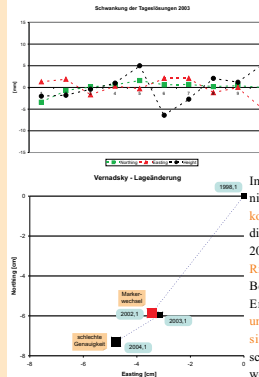
### IGS-Station O'Higgins:

- Lange, nahezu lückenlose GPS-Beobachtungsreihe
- **Pfeilerwechsel** im Februar 2002, deshalb ist mit Genauigkeitseinbußen im Millimeterbereich zu rechnen
- **Dome-Antenne**: aktuell unzureichende Modellierung, schwer quantifizierbare Genauigkeitseinbußen

### GPS-Station Vernadsky:

- Kampagnenbeobachtung
- Bodenanne Vermarkung: Genauigkeitseinbußen durch Abschattung, Mehrwegeinflüsse, schwer quantifizierbar
- **Standortwechsel**: Genauigkeitseinbußen im Millimeterbereich
- **Viermaliger Antennenwechsel**: Genauigkeitseinbußen im Millimeterbereich

## Ergebnisse



Die tageweise erzeugten Positionen der GPS-Marker der Station Vernadsky zeichnen sich in den Jahren 1998, 2002 und 2003 durch eine sehr geringe Variabilität aus, woraus **hohe innere Genauigkeiten** innerhalb der einzelnen Beobachtungszeiträume resultieren. Links sind die Tagesvariationen des Jahres 2003 dargestellt. Die Auswertung der Beobachtungsdaten des Jahres 2004 erbrachte auf Grund der geringen Stichprobe und größerer Tageschwankungen deutlich (Faktor 3) schlechtere Ergebnisse.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen, welche die **Höhenkomponente** betreffen, kann für die **Lageergebnisse** im ITRF 2000 ein **Trend in südwestlicher Richtung** festgestellt werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss u.A. die **unterschiedliche Genauigkeitssituation** (große Symbole, schlechte Genauigkeit) beachtet werden.

