

---

# **Einführung absoluter Phasenzentrums- korrekturen für GNSS-Antennen auf internationaler Ebene**

**Ralf Schmid**

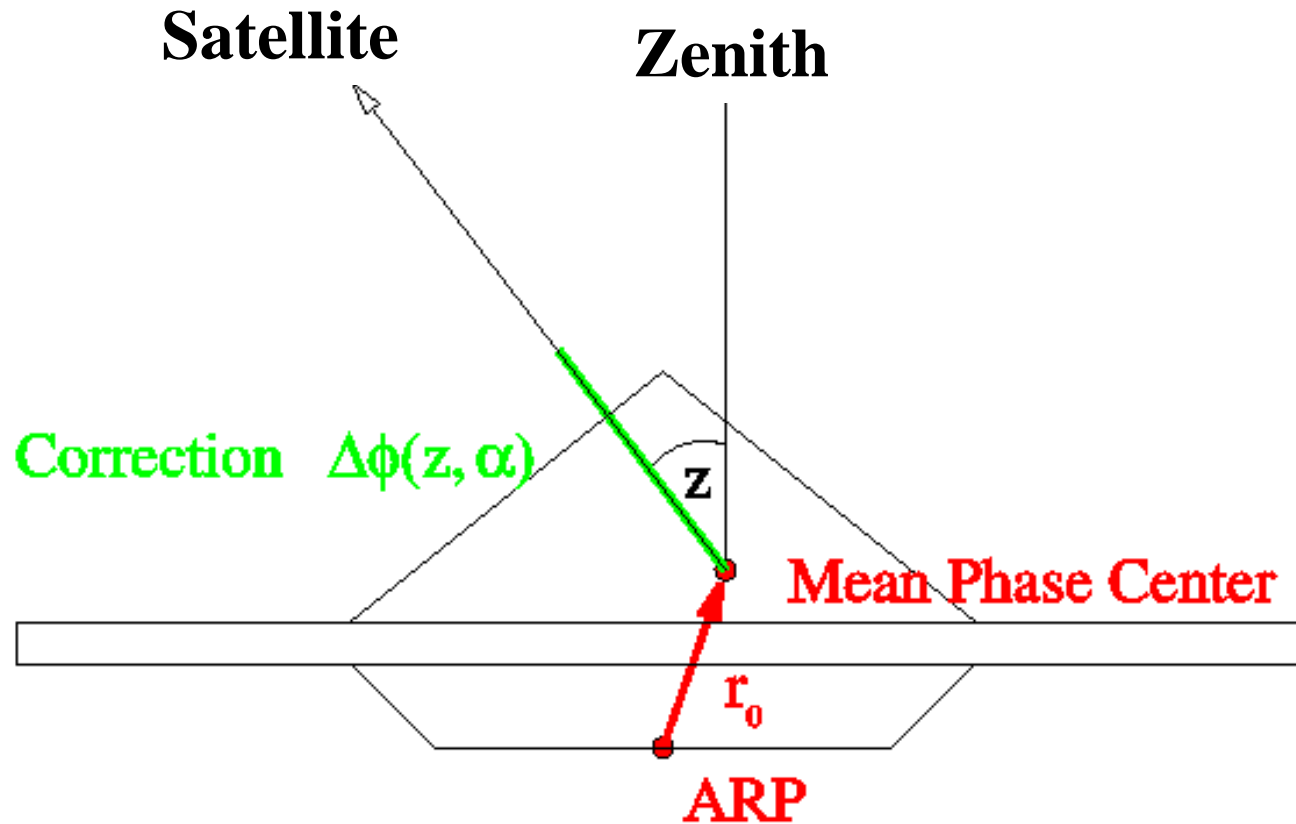
Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie, TU München

**Peter Steigenberger, Gerd Gendt, Maorong Ge, Markus Rothacher**  
GeoForschungsZentrum Potsdam

# Gliederung

- Modellierung der GNSS-Phasenzentren
- **Historische Entwicklung der versch. Antennenkorrekturen**
  - Methoden der Antennenkalibrierung
  - Sende- und Empfangsantennen
  - Absolute ggü. relativen Korrekturen
- **Einfluß auf globale GPS-Lösungen (2 Beispiele)**
  - Terrestrischer Maßstab
  - Troposphärenparameter
- Ausblick

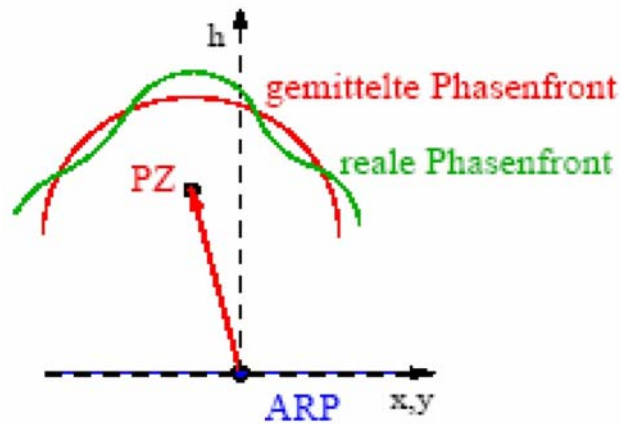
# Phasenzentrum der Empfangsantennen



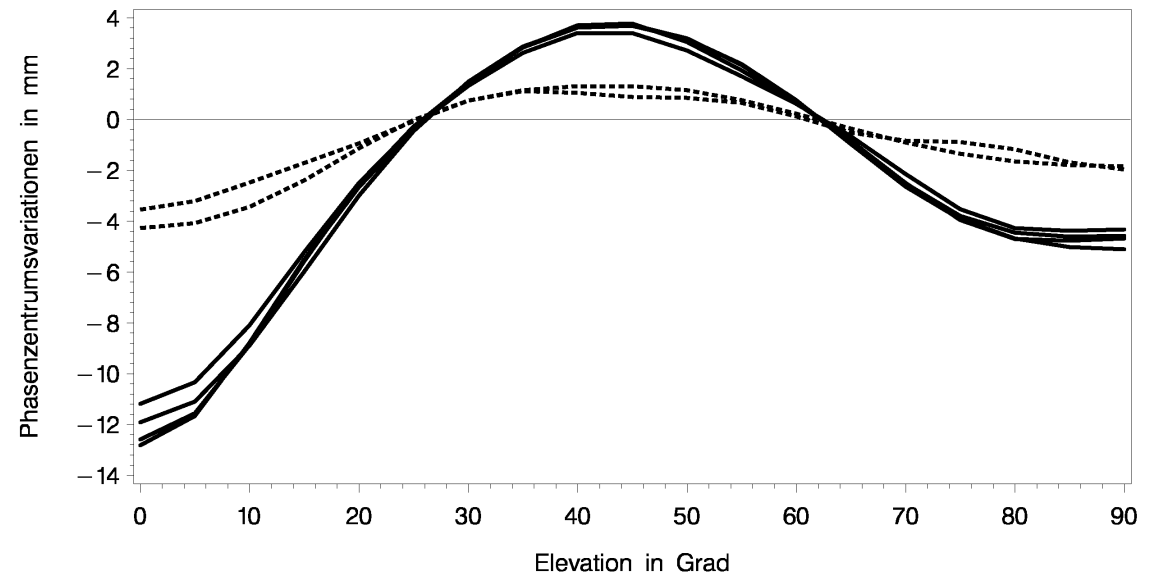
Veränderung des tatsächlichen Phasenzentrums mit der Einfallsrichtung des Signals:  
**PCV = phase center variation**

Phasenzentrums-**Offset** zw. dem Antennenreferenzpunkt ARP und dem mittleren Phasenzentrum

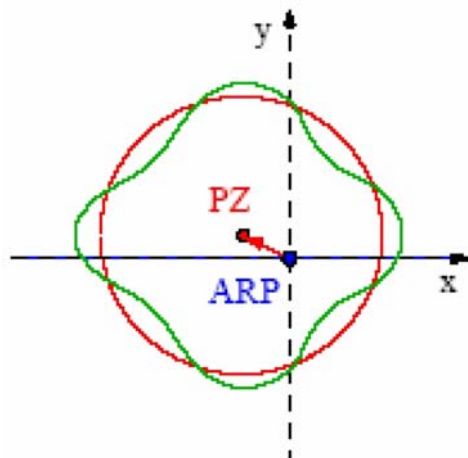
# PCVs der Empfangsantennen



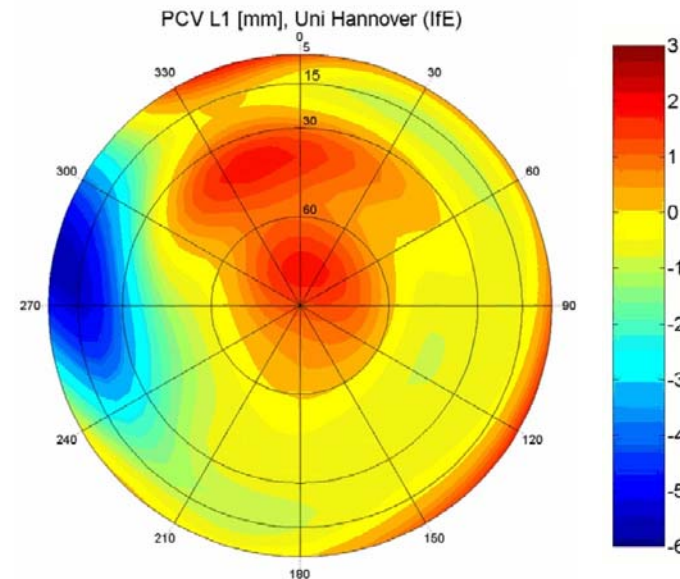
elevationsabhängige PCVs



Antenne	— AT501/502 (101)	— AT501/502 (104)	— AT501/502 (116)
	— AT501/502 (125)	····· AT503 (30039)	····· AT503 (30045)



azimutabhängige PCVs  
(Görres et al., 2004)



# Relative Feldkalibrierung



Foto: [www.ngs.noaa.gov](http://www.ngs.noaa.gov)

- PCVs relativ zur **Referenzantenne AOAD/M\_T**
- Willkürliche Annahme:  
 **$PCV(AOAD/M_T) = 0$**
- Systematische Fehler auf **langen Basislinien**, da identische Satelliten von den zwei Beobachtungsstationen unter versch. Elevationen gesehen werden
- Verwendung im IGS vom 30. Juni 1996 **bis heute**

# Absolute Kammerkalibrierung

- Kalibrierung mit künstlichen GPS-Signalen in **mikrowellentoten** Räumen
- Maßstabsdifferenz von **15 ppb** in globalen Netzen im Vergleich zu VLBI und SLR (globaler Höhenversatz von etwa 10 cm)



Foto: [www.sn.afrl.af.mil](http://www.sn.afrl.af.mil)

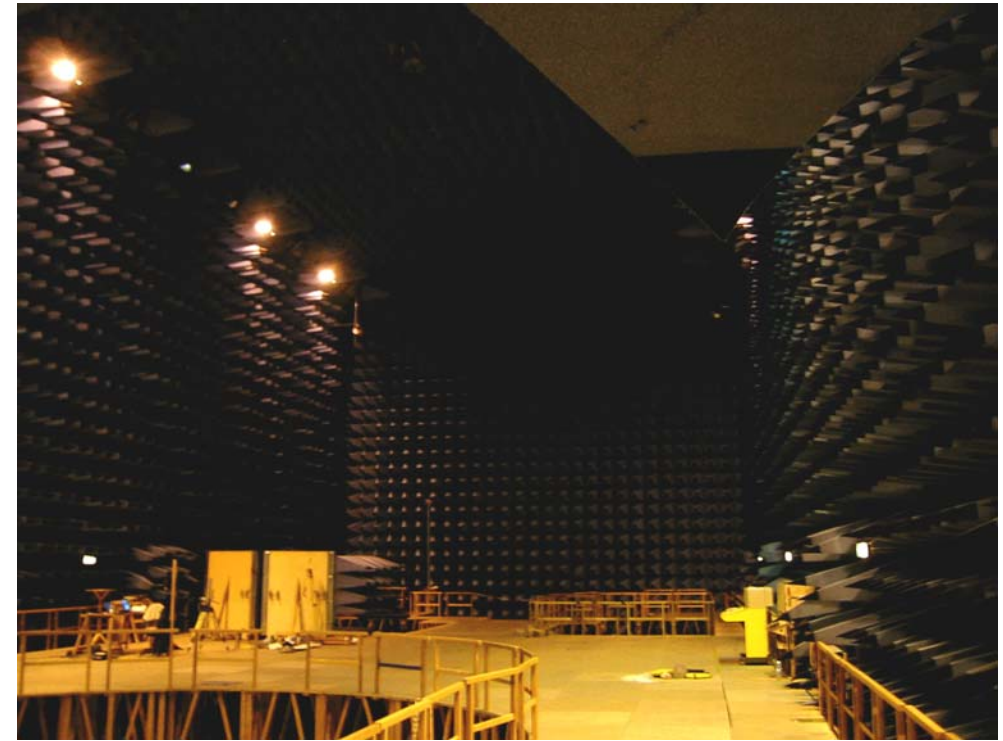


Foto: Universität Bonn

- **Korrektheit der Resultate wurde angezweifelt** (Mitte der 1990er Jahre)

# Absolute Roboterkalibrierung

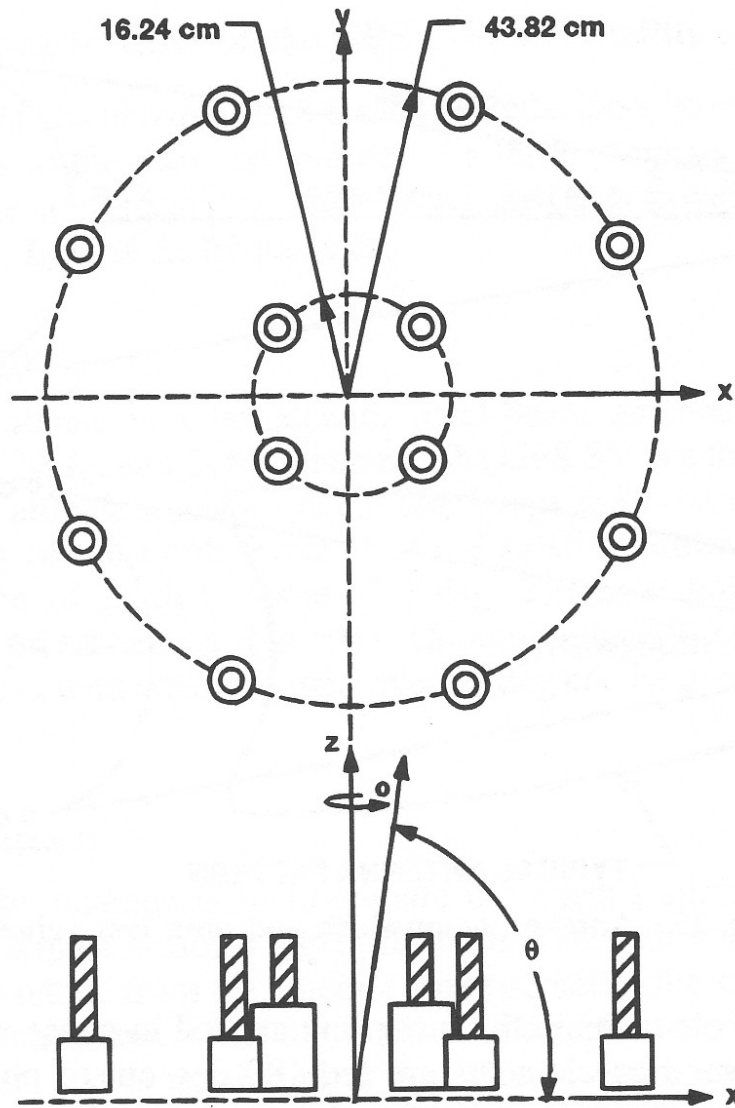


Foto: ife / Geo++ GmbH

- Kalibrierung mit echten GPS-Signalen
- PCVs bis  $0^\circ$  Elevation für jedes beliebige Azimut
- **Unabhängiges Verfahren** bestätigt die absoluten Kammerkalibrierungen
- Maßstabsproblem muß mit den **Satellitenantennen** zusammenhängen (Ende der 1990er)

# Aufbau der Satellitenantennen

12 Antennenelemente,  
angeordnet in zwei Kreisen



Block I-Antenne (Czopek et al., 1993)

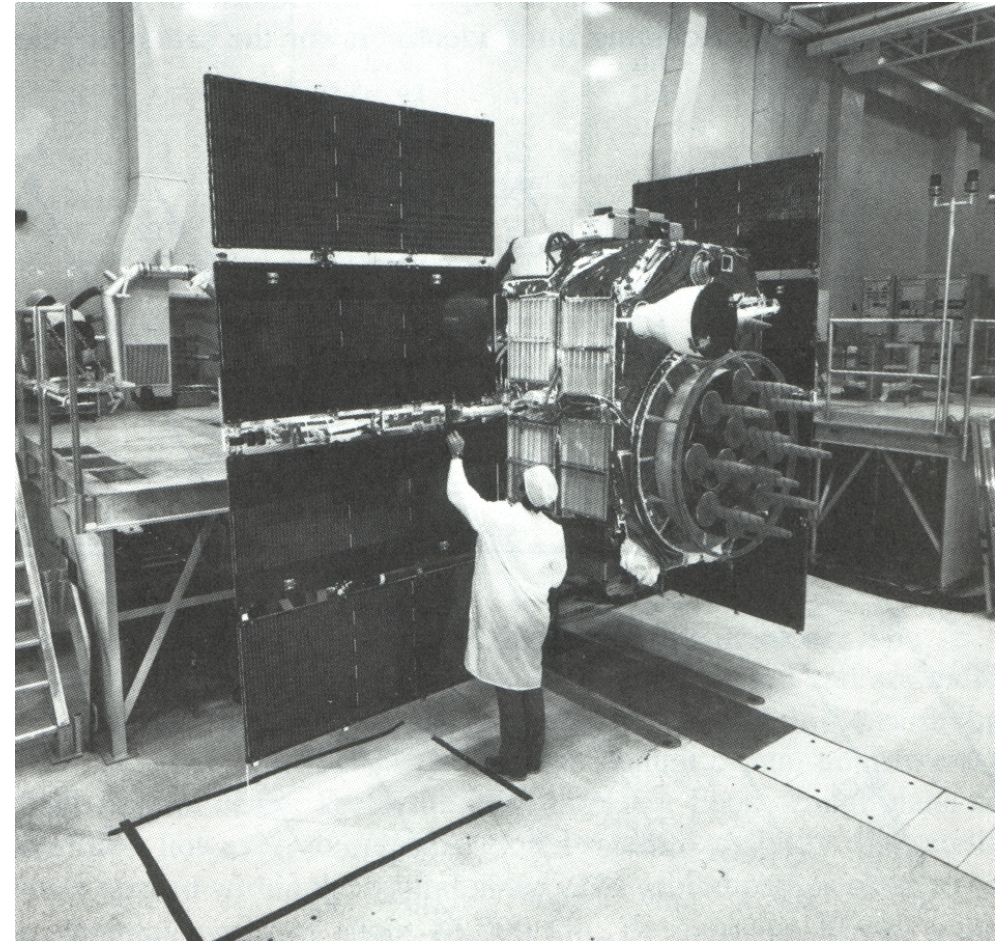
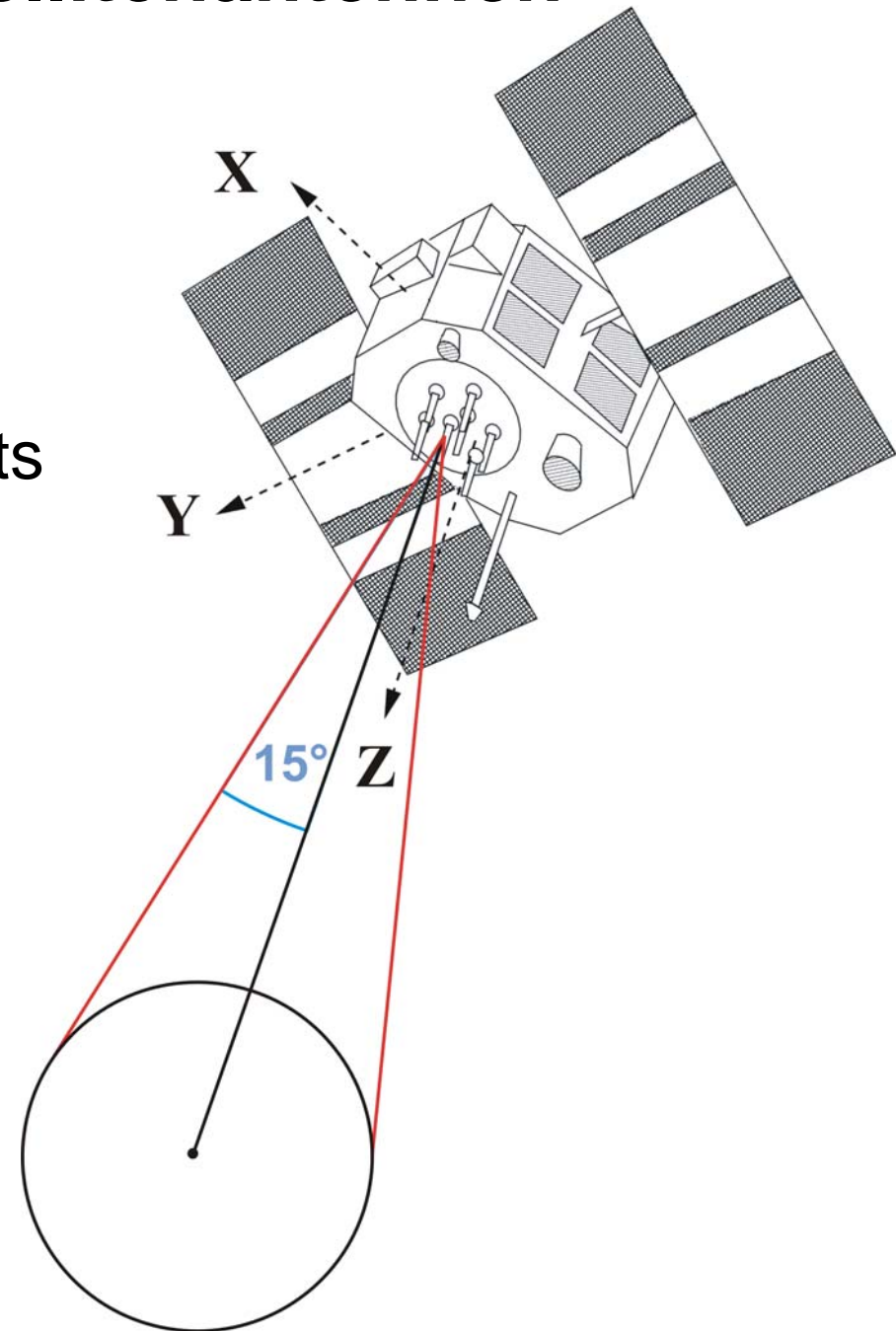


Foto: Rockwell International

# Phasenzentrum der Satellitenantennen

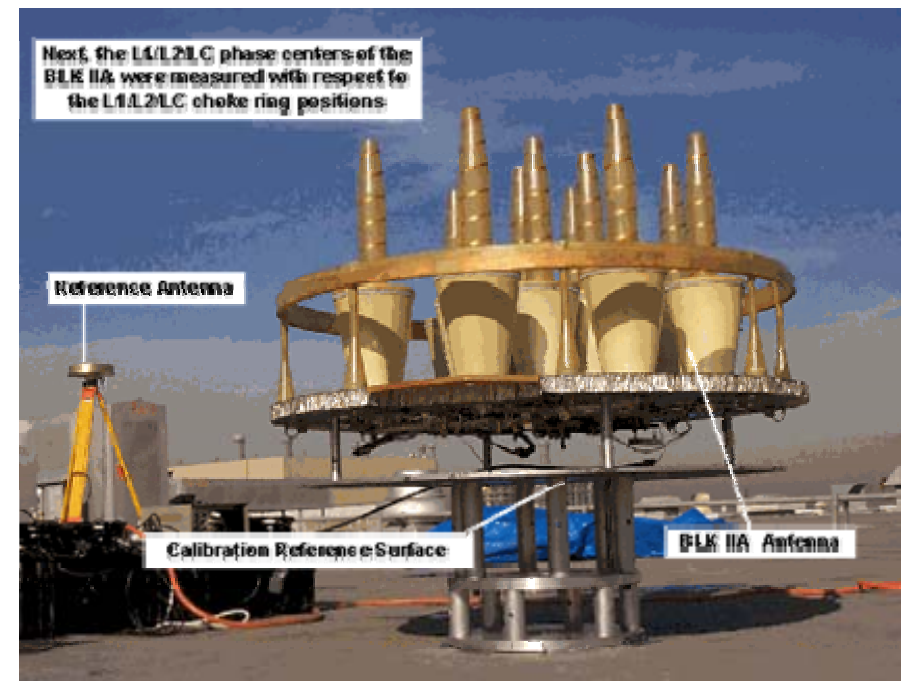
Aktueller Stand im IGS:

- Verwendung **eines** (relativen) Offsets zwischen Massen- und Phasenzentrum je Satellitenblock (Gültig für welche Frequenz?)
- Unterschiede zwischen einzelnen Satelliten vernachlässigt
- PCVs vernachlässigt



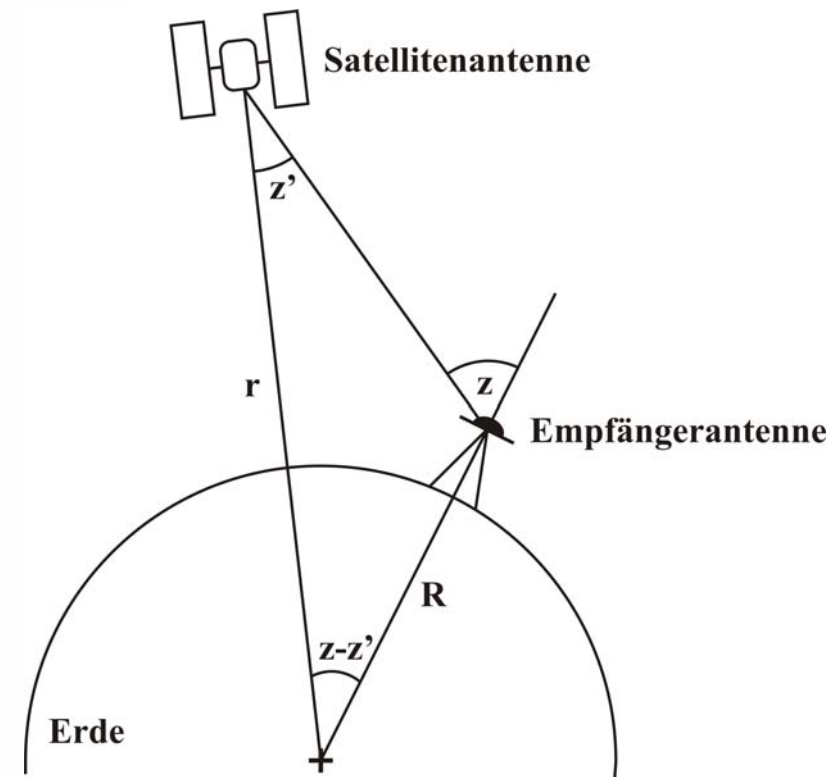
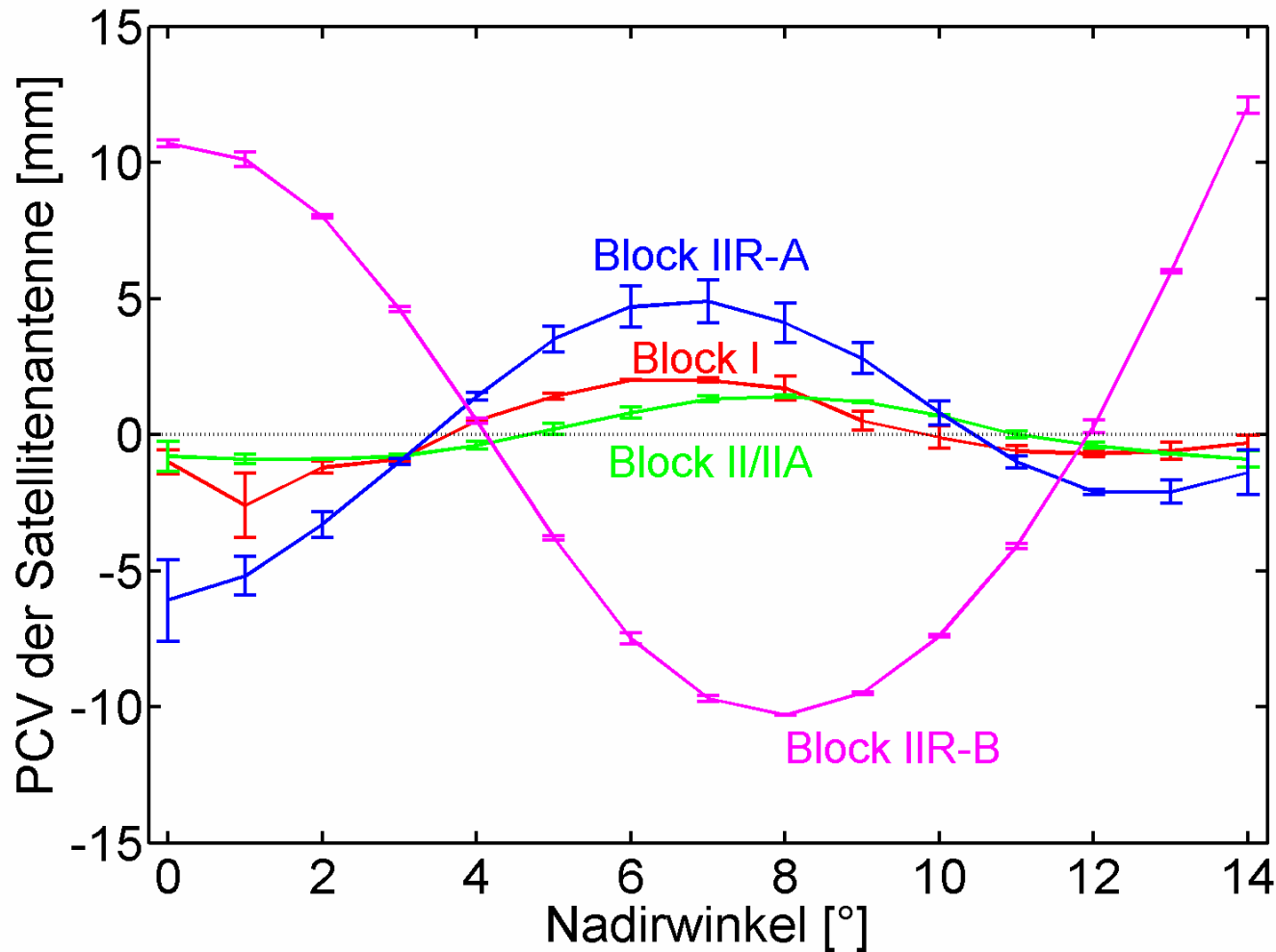
# Kalibrierung der Satellitenantennen

- Mader & Czopek (2002) verwenden eine am Boden verbliebene Satellitenantenne als Empfangsantenne
  - Nur z-Offset bestimmbar
  - Nicht alle Antennentypen verfügbar
- **Schätzen von Korrekturen für die Satellitenantennen aus globalen Daten notwendig**



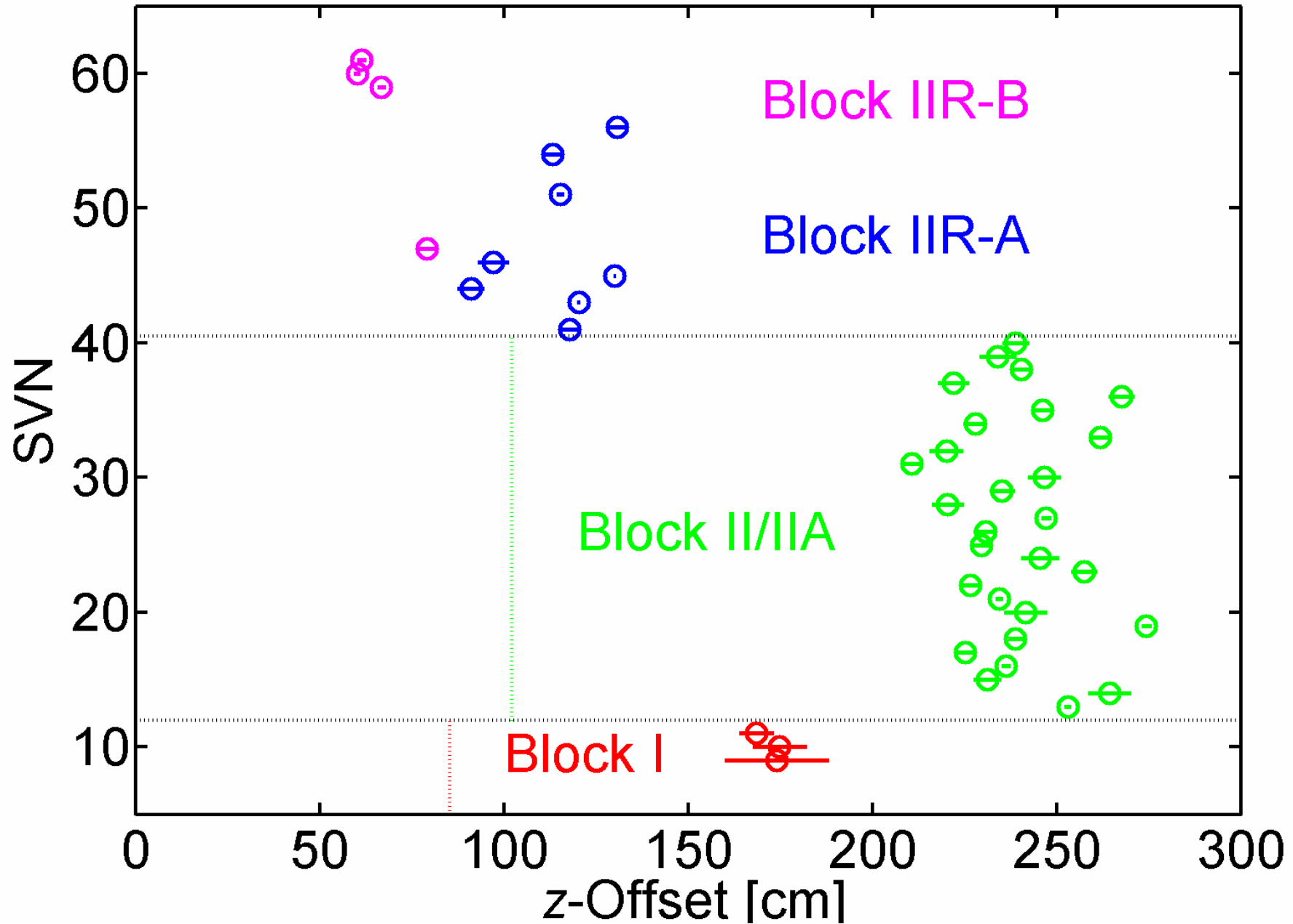
Fotos: Gerry Mader (NGS)

# PCVs aus Reprozessierung globaler Netze



Kombinierte Lösung von GFZ (EPOS) und TUM (Bernese)  
basierend auf 11 Jahren reprozessierter Daten

# Satellitenantennen-Offsets aus Reprozessierung



# Phasenzentrumskorrekturen im neuen ANTEX-Format

<ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/station/general/antex13.txt>

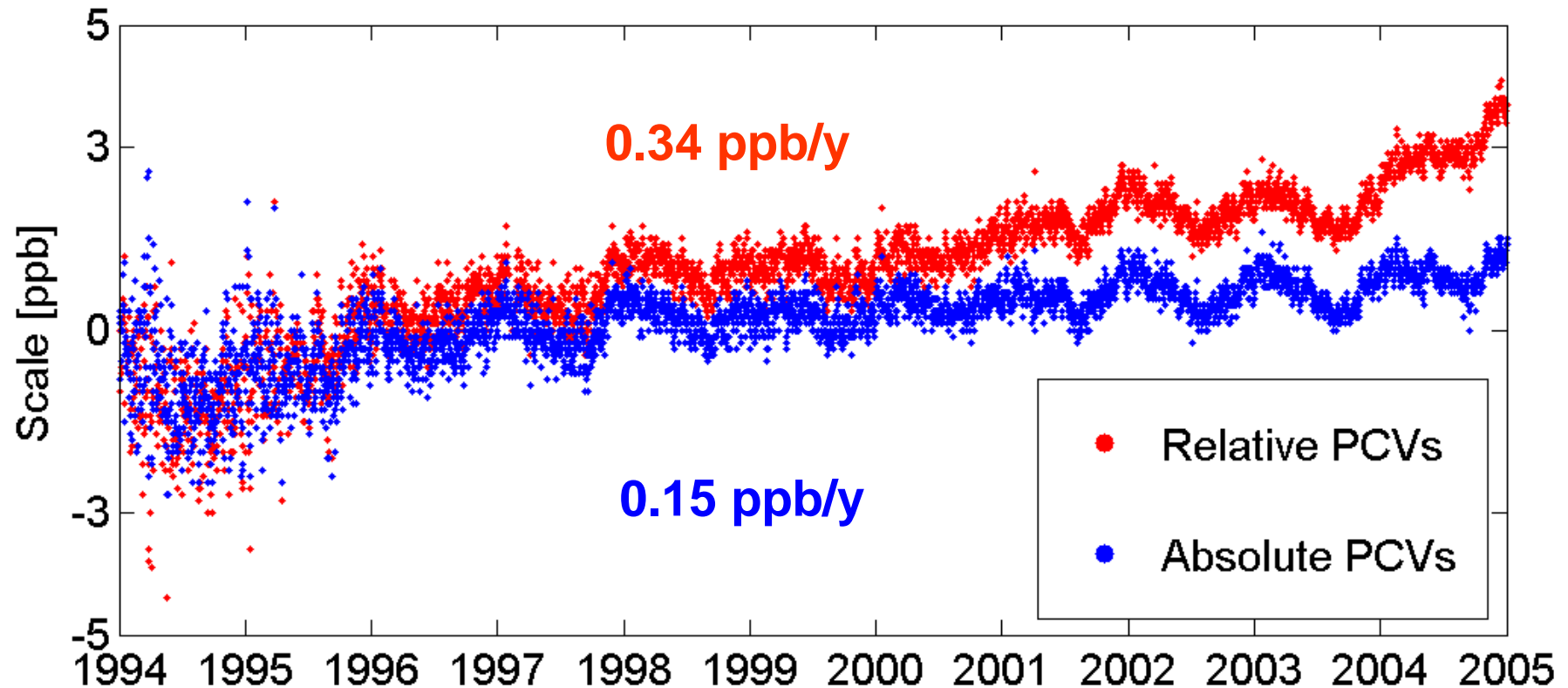
ANTEX: The Antenna Exchange Format Version 1.3  
\*\*\*\*\*

M. Rothacher, R. Schmid  
Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie  
TU München

[ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/station/general/pcv\\_proposed/igs05\\_1357.atx](ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/station/general/pcv_proposed/igs05_1357.atx)

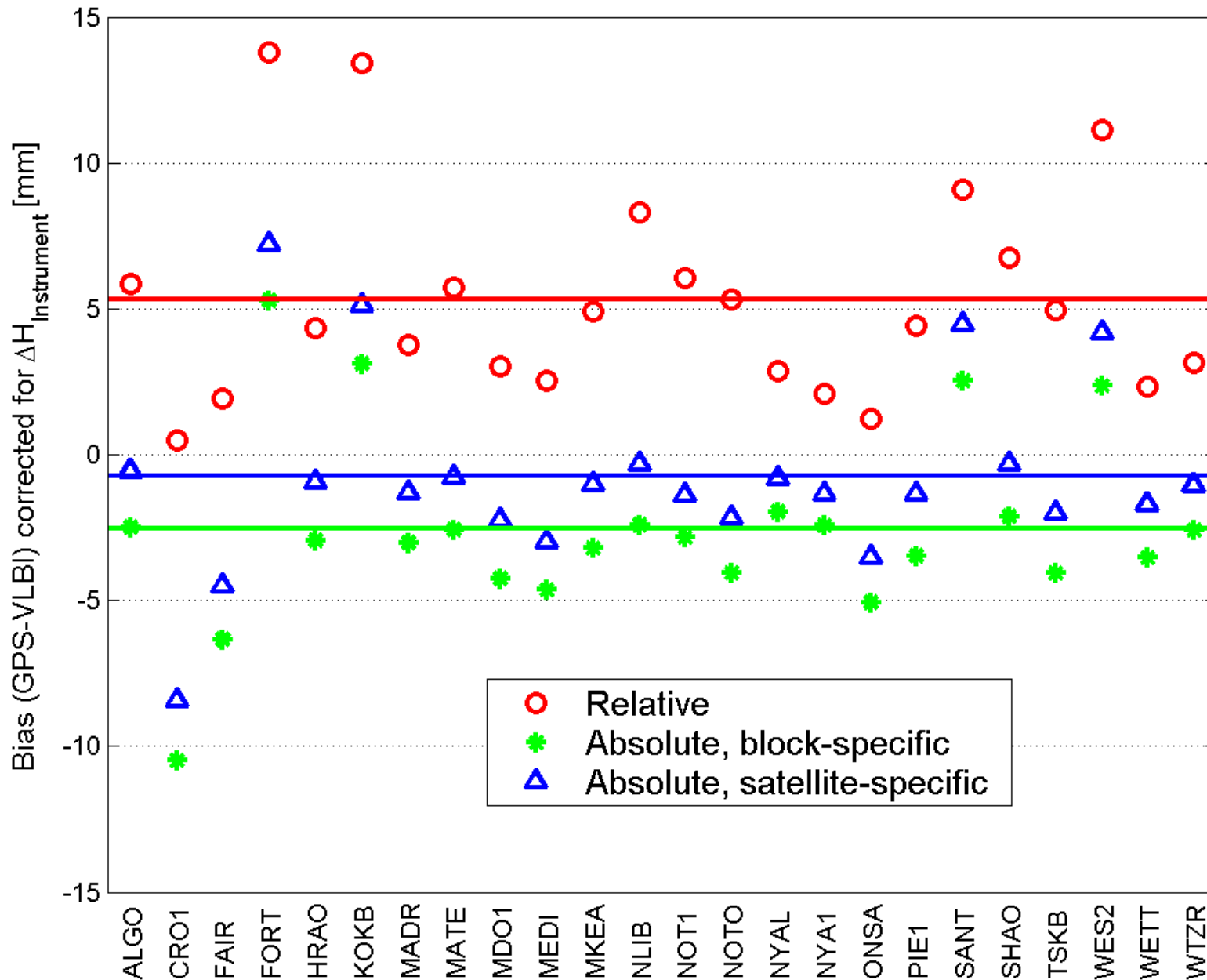
```
BLOCK IIA          G01          G032    1992-079A TYPE / SERIAL NO
                   GFZ/TUM          0    20-APR-05 METH / BY / # / DATE
                   0.0                                DAZI
                   0.0 14.0  1.0                       ZEN1 / ZEN2 / DZEN
                   2                                # OF FREQUENCIES
                   1992  11  22    0    0    0.00000000  VALID FROM
IGS05_1357        G01                                SINEX CODE
                   279.00  0.00 2201.00              START OF FREQUENCY
NOAZI -0.80 -0.90 -0.90 -0.80 -0.40  0.20  0.80  1.30  1.40  1.20  0.70  0.00 -0.40 -0.70 -0.90
                   G01                                END OF FREQUENCY
                   G02                                START OF FREQUENCY
                   279.00  0.00 2201.00              NORTH / EAST / UP
NOAZI -0.80 -0.90 -0.90 -0.80 -0.40  0.20  0.80  1.30  1.40  1.20  0.70  0.00 -0.40 -0.70 -0.90
                   G02                                END OF FREQUENCY
                   G02                                END OF ANTENNA
```

# Terrestrischer Maßstab im Vgl. zu IGb00



- Änderungen in der Satellitenkonstellation beeinträchtigen den Maßstab, wenn z-Offsets fehlerhaft
- Kleinere Maßstabsdrift bei Verwendung absoluter PCVs

# Troposphärenversatz zwischen GPS und VLBI



Mittl. Versatz

**5.3 mm**

**-2.5 mm**

**-0.8 mm**

Ausgeschlossen wg. großem  $dH$ : HART, HARK, URUM

# Zusammenfassung und Ausblick

- Derzeitige Modellierung der Phasenzentren verursacht systematische Fehler aufgrund der Annahmen:  
 $PCV(\text{Ref. Antenne}) = 0$  und  $PCV(\text{Sat. Antenne}) = 0$
- Neues absolutes Modell **vermeidet systematische Fehler** und erlaubt die Nutzung von GPS-Daten unterhalb von  $10^\circ$  Elevation
- Vorteile in globalen Lösungen:
  - **Geringere Maßstabsdrift** in Bezug auf ITRF
  - **Geringerer Versatz zwischen Troposphärenparametern** versch. geodätischer Raumverfahren

Nachteil: **Sprünge** in allen Zeitreihen (Reprozessierung!)

- **Umstieg** von relativen (*igs\_01.pcv*) auf absolute (*igs05\_www.atx*) PCVs innerhalb des IGS zeitgleich mit dem Umstieg auf ITRF2005 geplant (**April/Mai 2006**)

**Danke für die Aufmerksamkeit!**

