



Beschleunigte Kalibrierung von GNSS-Antennen durch automatische Dreheinrichtung

**Volker Frevert, Thomas Blumenbach,
Christian Rost, Lambert Wanninger**

Geodätisches Institut

Geodätische Woche 2005, Düsseldorf, 6.10.2005

Überblick / Gliederung

- **Feldkalibrierverfahren**
- **Vorteile der Antennendrehung**
- **Genauigkeitsuntersuchungen**
- **Automatische Dreheinrichtung**

Feldkalibrierverfahren

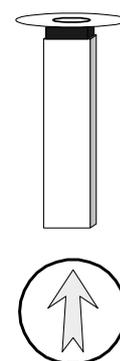
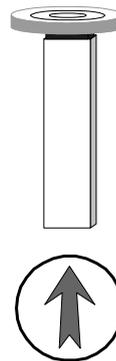
- statisch:** z.B. NGS (seit ~1996)
- mit Drehung:** z.B. Bern (1996),
Dresden (unterschied. Verfahren seit 1994)
- mit Drehung und Kippung:**
Geo++/lfE (seit 1995)

Statisches Feldkalibrierverfahren

z.B. NGS (seit ~ 1996)



Referenz-
antenne



zu kalibrie-
rende
Antenne

Referenzantenne: Dorne Margolin T

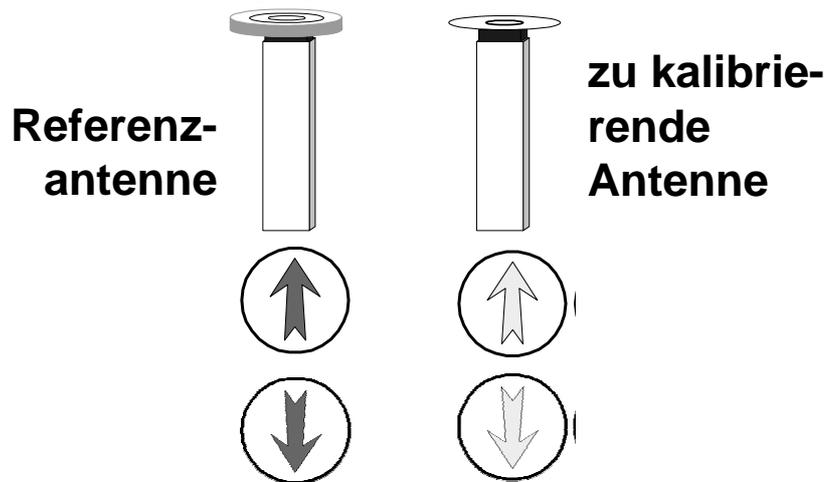
Sollkoordinaten: GPS-Bestimmung mit baugleichen Ant.

Beobachtungsdauer: 24 h

Korrekturen: relativ zu Dorne-Margolin T, PZO + ele. PZV.

Feldkalibrierverfahren mit Drehung (1/2)

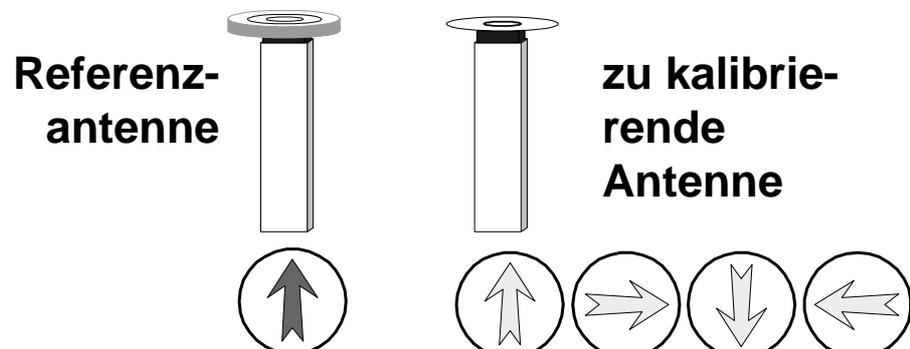
Bern (1996)



Vorteil: ele.-azi. PZV für gesamte Antenne, auch Nordloch

Feldkalibrierverfahren mit Drehung (1/2)

TU Dresden (auf diese Art seit 2000)



Referenzantenne: absolute Korrekturen notwendig

Sollkoordinaten: Höhendifferenz nivellieren

Beobachtungsdauer: bis zu 4 x 24 h

Korrekturen: absolute PZO + azi.-ele. PZV

Eigenschaften des dresdner Drehverfahrens

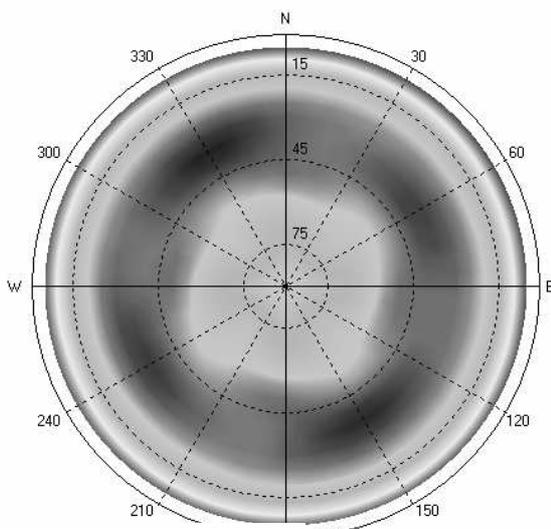
- einfach zu realisieren
- keine Lagereferenzkoordinaten notwendig (nur Nivellement für Höhendiff.)
- Mehrwegeeinfluss:
 - Eliminierung für Lageoffsets,
 - Verringerung für PZV,
 - unvermindert für Höhenoffset
- Genauigkeit elevationsabhängig: Elevationsmaske 5°

Kalibrierergebnis

TRM41249.00
TZGD
S/N 60078834



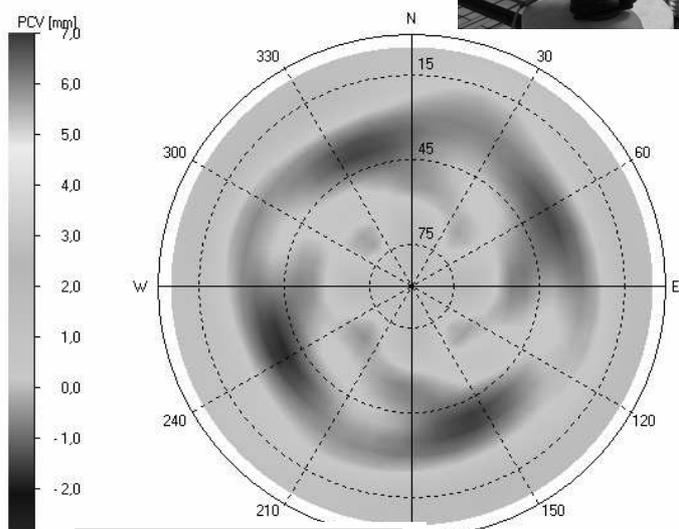
PCV L1 TRM41249.00 TZGD Nr: 60078834



PCO (10°)
N: 0,7mm
E: 0,1mm
H: 58,9mm

L₁

PCV L2 TRM41249.00 TZGD Nr: 60078834



PCO (10°)
N: 0,6mm
E: 0,2mm
H: 62,8mm

L₂

Feldkalibrierverfahren mit Drehung und Kippung (2/2)

Geo++/IfE (ab ~1995)

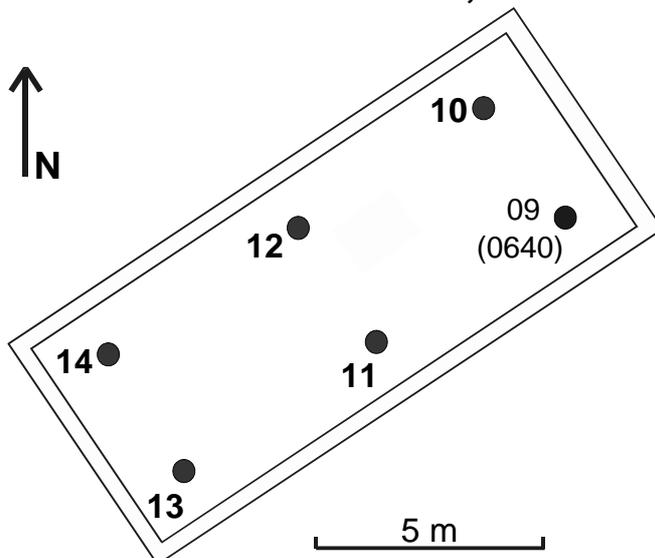
- absolute Korrekturen unabhängig von Referenzantenne
- weitestgehende Mehrwegeeliminierung
- auch für niedrige Elevationen (0° - 5°)



Genauigkeitsvergleich

5 Pfeiler auf Dach der LGN, Hannover,

besetzt für jeweils 24+ h mit
5 verschiedenen Antennen:
G1, G2, G3, R1, R2



5 Sessions, jede Antennen
einmal auf jedem Pfeiler

jede Antenne mehrfach
kalibriert:

| | |
|-------|-------------|
| Geo++ | (Dreh+Kipp) |
| IfE | (Dreh+Kipp) |
| LGN | (Dreh) |
| TUDD | (Dreh) |

Vergleich: nivellierte Höhendifferenzen mit GPS-Höhendifferenzen

(5. Antennenworkshop, Frankfurt 2003)

Genauigkeitsvergleich

Quadratische Mittel über Höhenabweichungen
(iono.-freie Linearkombination)

| | Tageslösungen | Epochenlösungen | |
|--------------------------|---------------|-----------------|------|
| Geo++ (Dreh+Kipp) | 4,5 | 20,6 | |
| IFE (Dreh+Kipp) | 3,1 | 20,5 | |
| LGN (Dreh) | 2,5 | 20,5 | |
| TUDD (Dreh) | 2,9 | 20,7 | [mm] |

Ergebnis: alle Verfahren ähnlich gut

Begründung: Mehrwegeeffekte bei der Messung stärker als Restmehrwegeeffekte in den Antennenkorrekturen

(5. Antennenworkshop, Frankfurt 2003)

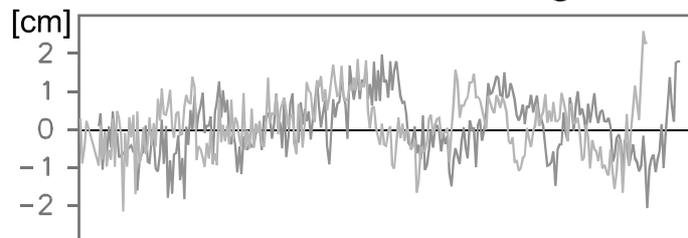
Mehrwege- verringering

tägliche Wiederholung der
Mehrwegeeffekte

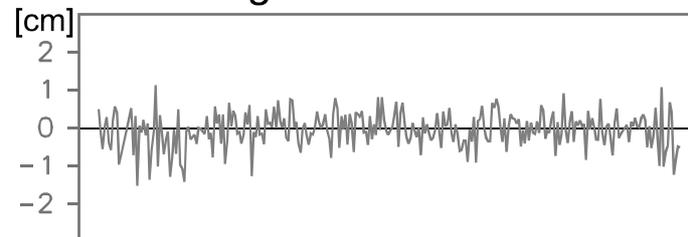
siderische Tagesdifferenzen
(Drehung alle 24 h)

Epochendifferenzen
(Drehung alle 15 s)

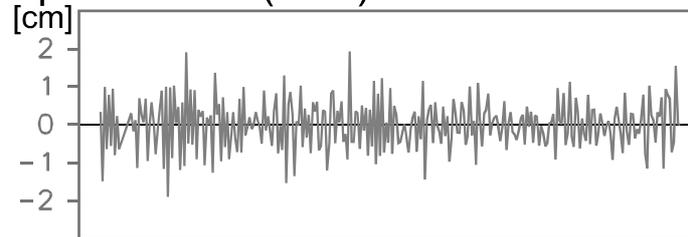
L1-DD-Residuen, 2 Tage



siderische Tagesdiff. der L1-DD-Res.



Epochendiff. (15 s) der L1-DD-Res.



← 1,3 h →

Mehrwegeverringering

siderische Tagesdifferenzen (Drehung alle 24 h):

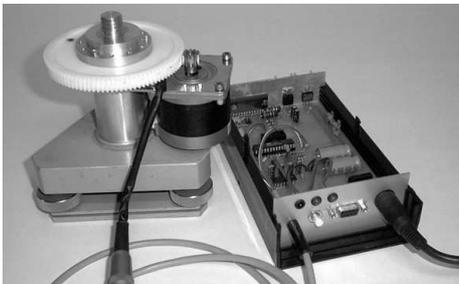
- nur bei GPS (nicht bei GLONASS, Galileo)
- Problem: unveränderte Empfangsumgebung

Epochendifferenzen (Drehung alle 15 s):

- für alle Satellitensysteme
- verbesserte Mehrwegeverringering

Automatische Dreheinrichtung: DrehRumBum 1 (DRB 1)

- 1. Generation (ab 2000):** - 4 Ausrichtungen pro Minute
(Messzeitverkürzung von 4 x 24 h auf 24 h)
- verbesserte Mehrwegeverringering (Lage)



Kalibrierungsauswertung mit WaSoft/Kalib

Automatische Dreheinrichtung: DrehRumBum 2 (DRB 2)

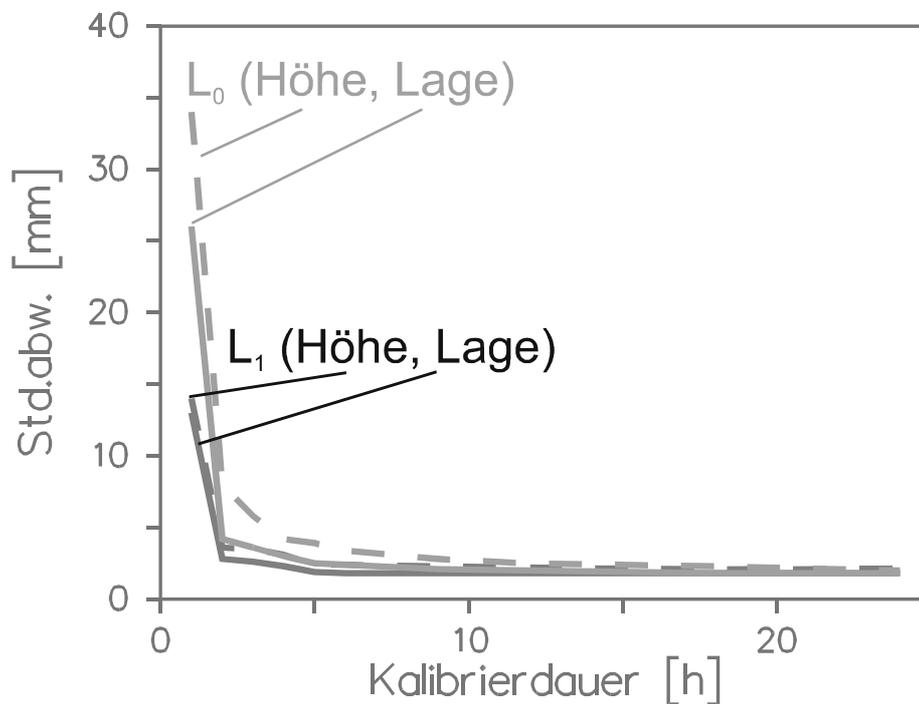
2. Generation (im Aufbau 2005)



Kalibrierauswertung
mit Wa1/Wa1ANT

weitere Messzeitverkürzung

Positionsabweichungen bei verkürzter Kalibrierdauer
im Vergleich zu einer Kalibrierdauer von vielen Tagen



Zusammenfassung

**vollständige absolute Korrekturen aus relativer Kalibrierung
mit Drehung**

**Qualität dieser Korrekturen in der Praxis so gut wie die aus
Dreh+Kipp-Verfahren**

automatische Dreheinrichtung (mehrere Ausrichtungen pro Minute):

- deutliche Kalibrierzeitverkürzung
- auf Antennen aller GNSS-Systeme vorbereitet