

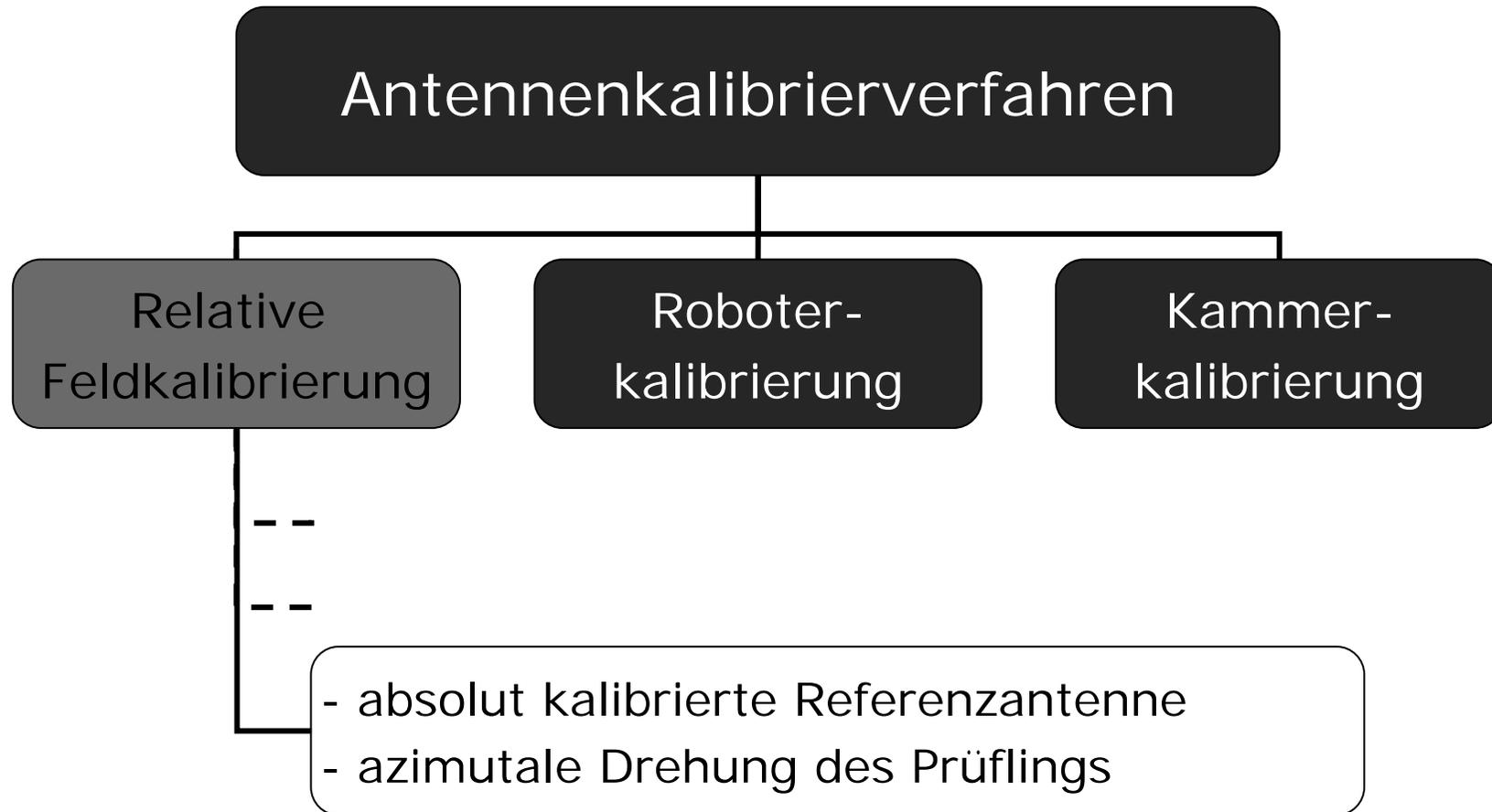
# **BESCHLEUNIGUNG DER ANTENNEN-FELDKALIBRIERUNG DURCH AUTOMATISIERTE DREHUNG**

Volker Frevert, Thomas Blumenbach, Lambert Wanninger

6. GPS-Antennen-Workshop  
Bonn, 21. September 2006

# Gliederung

1. Konzept der Beschleunigung der Feldkalibrierung
2. Beschleunigung der Kalibrierung mit DRB2 und Wa1/Kalib
3. Untersuchungen zur Genauigkeit des DRB2
4. Anwendung der Kalibrierdatensätze
5. Schlussfolgerungen



## Einleitung

Am Geodätischen Institut der TU Dresden werden seit über 10 Jahren GPS-Antennen im relativen Feldverfahren mit Antennendrehung kalibriert. Seit 2001 erfolgt dies mit einer automatischen Dreheinrichtung, DRB1 genannt.

Inzwischen wurde eine zweite DRB-Generation (DRB2) gebaut und intensiv getestet.

Die automatische Drehung der zu kalibrierenden Antenne mit vier Ausrichtungen pro Minute ermöglicht im Vergleich zur Drehung mit der Hand im 24 Stunden-Rhythmus eine etwas bessere Elimination der Mehrwegeeinflüsse auf die Lagekomponenten. Die Höhenkomponente der Antennenkorrekturen ist aber weiterhin z.T. mehrwegebeeinflusst. Die automatische Drehung trägt zu einer deutlichen Verkürzung der Kalibrierdauer bei und ist auch Voraussetzung für die zukünftige Kalibrierung von GLONASS und Galileo-Antennen.

## Konzept der Beschleunigung der Feldkalibrierung

- ursprünglich:

manuelle Drehung, 4 x 24h Beobachtungsdauer

a) zeitintensiv

→ incl. Vor- und Nachbereitung sowie Auswertung  
ca. 1 Woche

b) Elimination von Mehrwegeeeinflüssen auf die  
Lagekomponenten nur aus Tagesdifferenzen möglich

→ Problem insbesondere bei unterschiedlichen  
Witterungsverhältnissen

## Konzept der Beschleunigung der Feldkalibrierung

- jetzt:

automatische, regelmäßige azimutale Drehung in 4  
(oder 2, 6, 8...) Ausrichtungen pro Minute

a) Reduzierung der Kalibrierdauer auf 6-24h

b) Elimination von Mehrwegeeffekten auf die  
Lagekomponenten aus Epochendifferenzen

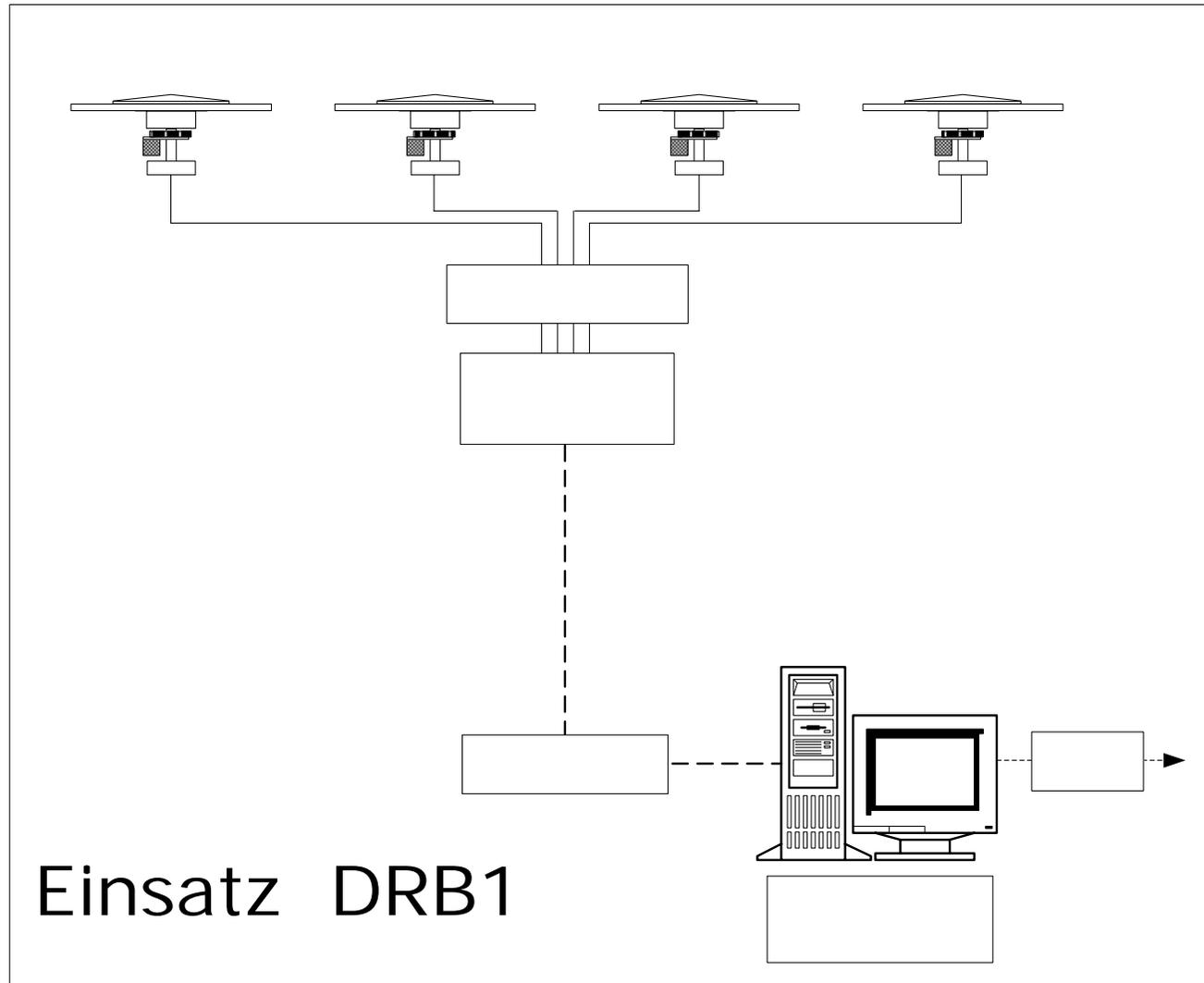
→ notwendig für GLONASS und GALILEO

## Konzept der Beschleunigung der Feldkalibrierung

- Systemanforderungen
  - a) azimutale Drehung zwischen den GPS-Beobachtungsepochen
  - b) interne Kontrolle des Drehvorganges
  - c) mechanische Stabilität
  - d) keine (geringe) Beeinflussung des Kalibrierergebnisses durch Drehvorrichtung



seit 2001



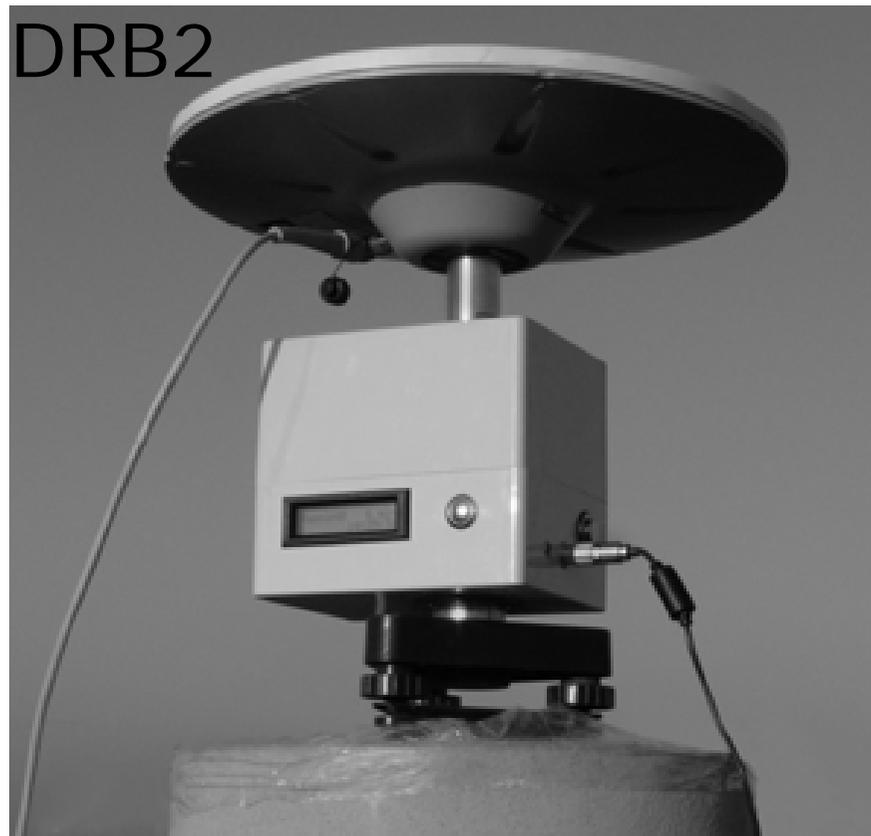
4\*RS23

COM-PC  
Server

## Beschleunigung der Kalibrierung mit DRB2 und Wa1/Kalib

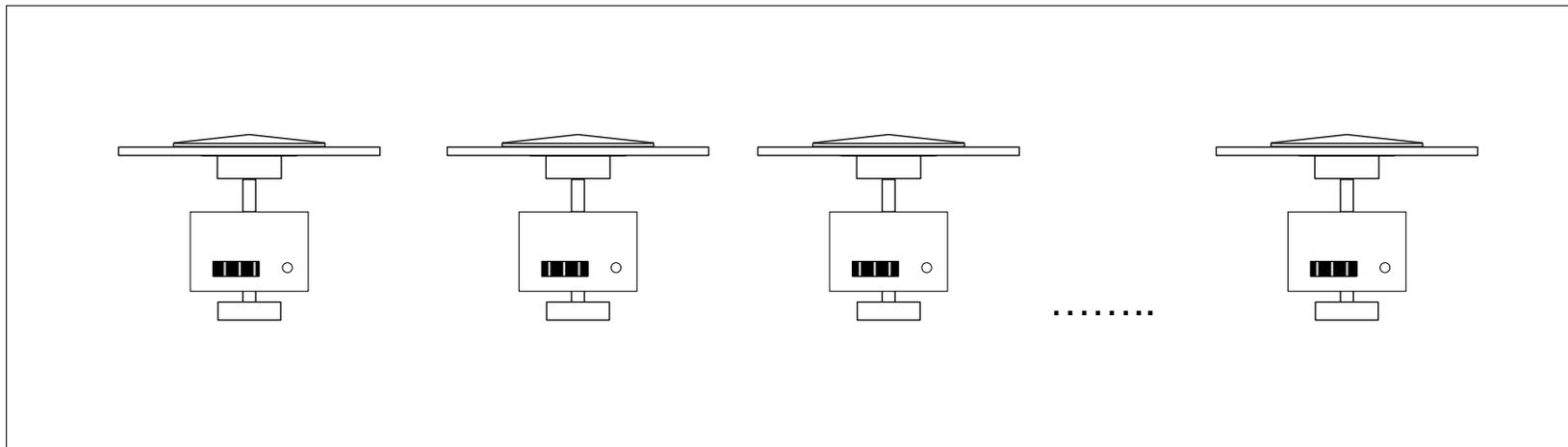
- Erfahrungen und Ergebnisse der Kalibrierung von mehr als 100 Antennen im 5-jährigen Einsatz der DRB1
  - a) Bestätigung des Verfahrens
  - b) Entwicklung eines autark arbeitenden Systems (ohne externe Steuerung und externe Zeitbasis)
    - DRB2

## Beschleunigung der Kalibrierung mit DRB2 und Wa1/Kalib



- Steuerung durch ATMEL Mikroprozessor
- Zeitsynchronisation durch integrierten GPS-Empfänger/-antenne
- Ein-Knopf-Bedienung und Display
- Arbeitsschritte
  - Horizontierung
  - Antenne montieren
  - Nordausrichtung
  - Start(-knopf) betätigen

## Beschleunigung der Kalibrierung mit DRB2 und Wa1/Kalib



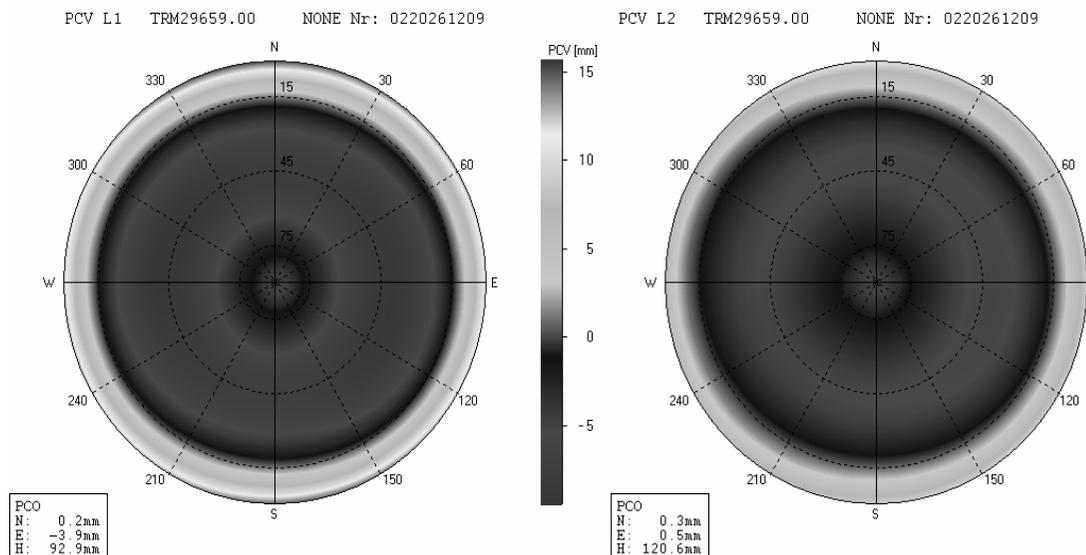
- notwendige Bedienschritte minimiert
- voneinander unabhängiger, gleichzeitiger Einsatz mehrerer DRB2

## Beschleunigung der Kalibrierung mit DRB2 und Wa1/Kalib

- Anpassung der Auswertesoftware Wa1/Kalib an DRB-Messungen
    - Auswertung einer Kalibrierung nicht schwieriger als eine Basislinienauswertung
- zu übergebende Parameter:
- Namen der beiden RINEX-Beobachtungsdateien
  - nivellitisch bestimmter Höhenunterschied

# Beschleunigung der Kalibrierung mit DRB2 und Wa1/Kalib

- weitere Module ermöglichen Format- und Niveau-Umrechnung (CCANT), graphische Darstellung der PCV-Werte und Generierung eines Kalibrierprotokolls



Geodätisches Institut  
 Professur Geodäsie (Grundlagen)

### Protokoll Antennenkalibrierung

<b>Kalibrierte Antenne</b>		<b>Referenzantenne</b>	
Hersteller	Trimble	Hersteller	Trimble
Typ	Geostationäre Antenne	Typ	Choke Ring
Produkt-ID	32119	Produkt-ID	29400-00
Dome	NGHC	Dome	NGHC
IGS-Bezeichnung	TRM29659	IGS-Bezeichnung	TRM29659-00
Nummer	42413023	Nummer	0220181799
		Korrekturdatei	ntkal.atx

**Angaben zum Kalibrierverfahren:**  
 Verfahren: Autom. Ant. Drehung mit GPS  
 Datum: 28.02.2006 12:19:00  
 Dauer: 24.2 h  
 Ausrichtungen: 4 (N-G-W-O)

**Antennenreferenzpunkt (ARP) für den Poling:**  
 Lage: Polarisachsen, Zentrum 88° Gewinde  
 Höhe: Universale 88° Gewinde  
 Normmarkierung: Kabelschlossbohrer

**Ergebnisdaten:**  
 Auswerteprotokoll: 8000.rpt  
 Format: Antex, NGS, GCS++  
 abs. PCO / rel.-wie. PCV: 8000abs, abs, abs, abs, abs  
 rel. PCO / rel.-wie. PCV (IGS-Niveau): 8000rel, abs, abs, abs, abs

Bearbeiter: Dr.-Ing. V. Fiewert  
 Software: WA1 1.16  
 Datum: 24.02.2006

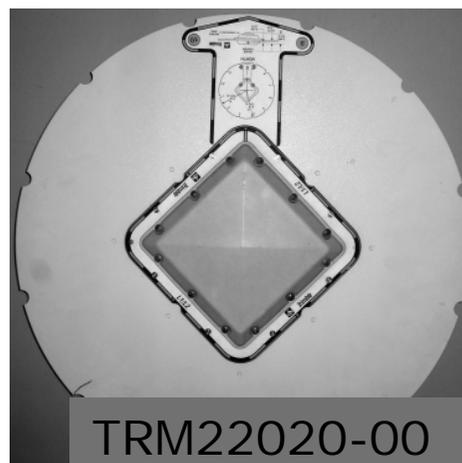
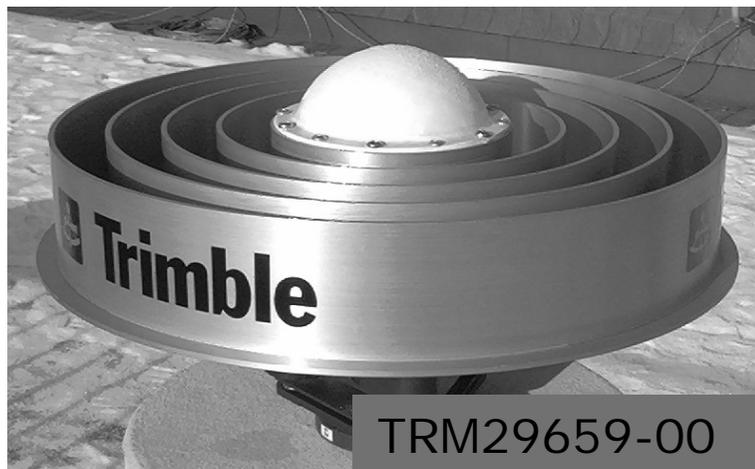
Stempel: \_\_\_\_\_  
 Unterschrift: \_\_\_\_\_

## Untersuchungen zur Genauigkeit des DRB2

- innere Genauigkeit
- Vergleich mit DRB1- und Roboterkalibrierung

### untersuchte Trimble-Antennen

– Choke Ring	TRM29659-00	CHOK
– Zephyr Geodetic	TRM41249-00	ZEPH
– Permanent L1/L2	TRM23903-00	PERM
– Microcentered	TRM33429-00	MICR
– Compact L1/L2	TRM22020-00	COMP



## Untersuchungen zur inneren Genauigkeit

- wiederholte 24h-Kalibrierung über 10-14 Tage mit DRB2
  - Nachweis der mechanischen Stabilität
  - Reproduzierbarkeit der Kalibrierergebnisse
  - Kontrolle der Zuverlässigkeit der Steuerung
    - Phase Wind-up

## Untersuchungen zur inneren Genauigkeit

5 Antennen je 10-14 Tage

	Standardabweichung PCO in mm		
	Nord	Ost	Höhe
RMS L1	0.06	0.02	0.25
RMS L2	0.06	0.04	0.38

## Vergleich DRB2- mit Roboterkorrekturen

5 Antennen (individuelle Kalibrierungen)

	Wirkung der Korrektionsdifferenzen auf die Lage in mm	
	Nord	Ost
RMS L1	0.25	0.25
RMS L2	0.25	0.48

## Vergleich DRB2- mit Roboterkorrekturen (individuelle Kalibrierungen)

Antenne	Wirkung der Korrektionsdifferenzen auf die Höhe in mm			
	L1	L2	L0	L0+t
CHOK	-0.1	-0.4	0.3	- 0.1
MIKR	-0.9	1.3	-4.4	-11.2
PERM	-0.1	3.0	-4.8	-14.0
COMP	0.7	3.1	-3.0	-14.6
ZEPH	0.6	4.1	-4.7	-11.5
RMS	0.6	2.7	3.8	11.5

Unterschiede i. W. vermutlich durch Mehrwege-  
Nahfeldeinfluss auf DRB2-Kalibrierung

## Anwendung der Kalibrierdatensätze

- je 48 Stunden Beobachtung mit 4 Antennen

a) auf Pfeilern

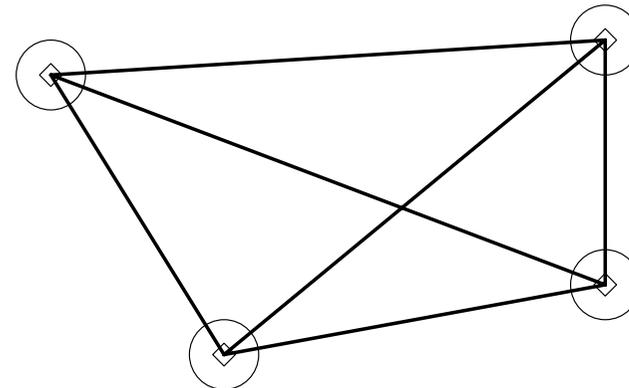


b) auf Stativen



## Anwendung der Kalibrierdatensätze

- Korrektur der Beobachtungsdaten mit Kalibrierdatensatz DRB1, DRB2 und Roboterkalibrierung
- Auswertung der je 6 möglichen Basislinien ( $10^\circ$  Elevation) im Netz der 4 Antennen
- Vergleich der berechneten mit den nivellierten Höhenunterschieden



## Anwendung der Kalibrierdatensätze

Differenzen zu Sollhöhenunterschieden in mm

<b>Pfeilernetz Roboter</b>	L1	L2	L0	L0+t
COMP-ZEPH	-0.9	-1.4	0.1	3.7
COMP-MICR	-1.9	-1.4	-2.5	0.5
COMP-CHOK	-1.6	-3.7	1.6	8.6
ZEPH-MICR	-0.6	0.3	-2.1	-3.1
ZEPH-CHOK	-0.4	-1.9	2.1	5.0
MICR-CHOK	0.1	-2.4	4.0	8.1
<b>RMS</b>	<b>1.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>	<b>5.6</b>

## Anwendung der Kalibrierdatensätze

Antennenaufstellung Kalibrierdatensatz	RMS in mm			
	L1	L2	L0	L0+t
PFEILER - ROBOTER	1.1	2.1	2.4	5.6
PFEILER - DRB2	0.6	1.8	2.0	4.8
PFEILER - DRB1	0.6	0.4	1.3	4.3
STATIV - ROBOTER	1.1	1.9	2.9	5.6
STATIV - DRB2	1.4	1.8	1.9	4.7
STATIV - DRB1	1.3	0.7	3.1	5.2

leicht positive Wirkung des bei DRB-Kalibrierungen erfassten Mehrwege-Nahfeldeinflusses

## Ergebnisinterpretation

Mit Hilfe des DRB2 sind Antennenkalibrierungen schnell und zuverlässig durchführbar. Der Vergleich von Phasenzentrumsoffsets aus wiederholten Kalibrierungen weist eine hohe innere Genauigkeit auf dem Sub-Millimeter-Niveau nach. Die Wirkung der DRB2-Antennenkorrekturen auf die Lagekomponenten ist mit der von Roboter-Antennenkorrekturen auf wenige zehntel mm identisch. Dagegen gibt es in der Höhenkomponente insbesondere auf L2 deutliche Unterschiede von bis zu einigen mm, die vermutlich auf Nahfeld-Mehrwegeeinfluss zurückgehen.

In der praktischen Anwendung auf Pfeilern bzw. Stativen erweisen sich die DRB2-Korrekturen als ein wenig praxisnäher als die Roboterkalibrierungen. Ein Teil des Nahfeld-Mehrwegeeinflusses, der bei den praktischen Messungen auftritt, scheint mit dem Nahfeldeinfluss, der bei der Kalibrierung miterfasst wurde, übereinzustimmen und kann hier so korrigiert werden.

## Zusammenfassung - Schlussfolgerungen

- automatische Antennendrehung reduziert den Aufwand der Feldkalibrierung deutlich
- DRB2 erreicht sehr gute Reproduzierbarkeit der Kalibrierergebnisse
- hohe Genauigkeiten bei Anwendung der DRB2-Kalibrierergebnisse, da Mehrwege-Nahfeldeinflüsse z. T. mit erfasst

## Literatur

Weiterführende Literatur zur relativen Antennenkalibrierung und zur Nahfeldproblematik:

Wanninger, L. (2002): Möglichkeiten und Grenzen der relativen GPS-Antennenkalibrierung. *zfv*, 127:51-58.

Frevert, V., Nuckelt, A., Stöcker, D.(2003): Beschleunigte Feldkalibrierung von GPS-Antennen. DGON-Symposium POSNAV 2003, Schriftenreihe des Geodät. Instituts, Heft 3, S. 353-359

Wanninger, L., Rost, Ch., Hartlieb, G., Köhr, M.: Zur Problematik des Antennenwechsels auf GNSS-Referenzstationen. *zfv*, 131:171-175.