

Zum Einfluss des Antennennahfeldes

Gerhard Wübbena, Martin Schmitz, Gerald Boettcher

Geo++[®]

*Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und
navigatorische Technologien mbH*

D-30827 Garbsen, Germany

<http://www.geopp.de>

Inhalt



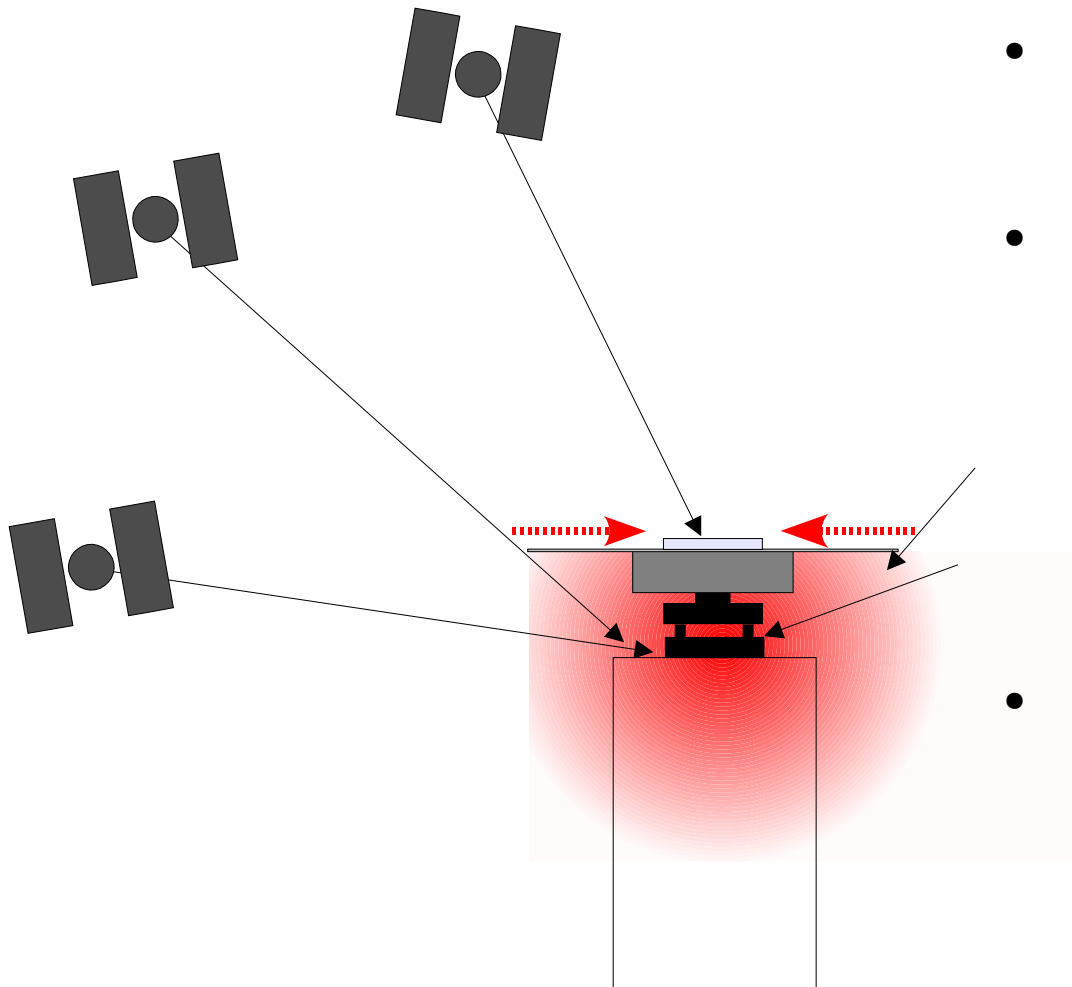
- Motivation
- Multipath im Nahfeld
- Untersuchungen zu Nahfeld/Multipath auf PCV-Kalibrierung
- Untersuchungen zu Nahfeld/Multipath auf GPS-Messungen
- Zusammenfassung ...
- Ist die Welt noch in Ordnung?

Motivation



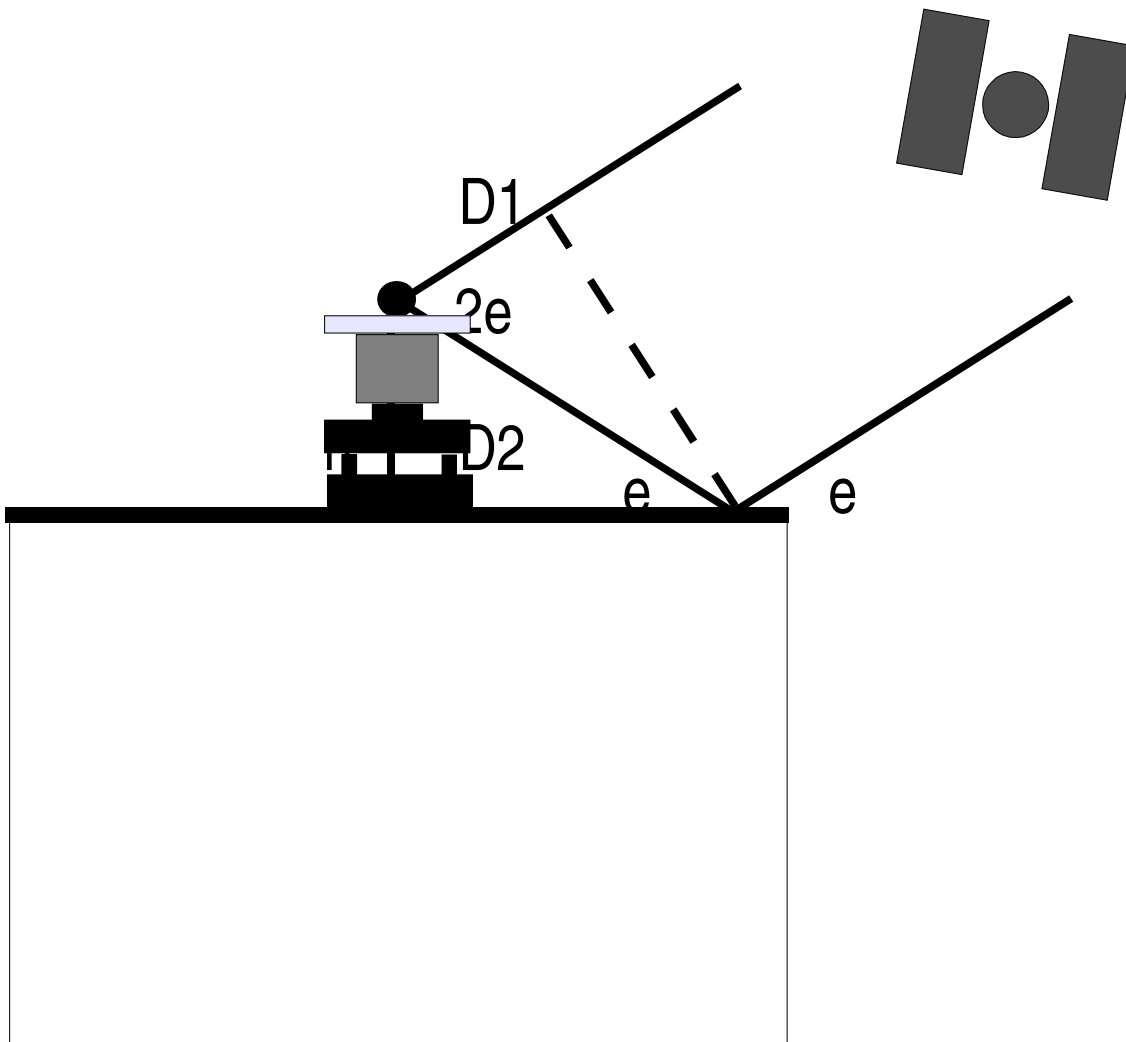
- **präzise absolute PCV Feldkalibrierung** mit Roboter
 - Standardabweichung: 0.2 bis 0.4 mm für L1/L2 PCV
 - Wiederholbarkeit: 1 bis 2 mm L0 PCV im Mittel, Ausnahme Horizont
- **AdV-Benchmark Test 1**, Vergleich Kalibrierverfahren auf absolutem Niveau
 - systematische Differenzen der bestimmten PCV
 - Effekte im Koordinatenraum bis zu 3 cm 3D
 - verbleibender Multipath? weitere Effekte?
- **AdV-Benchmark Test 2**, GPS Datensatz (Feldmann-Westendorff 2003)
 - Ergebnisse und Analyse veranlassen Detailuntersuchungen
 - Multipath im Nahbereich Antenne (z.B. Elosegui et al. 1995)
- **Untersuchung:** PCV-Kalibrierungen mit verändertem Nahfeld
- **Untersuchung:** GPS-Messungen unterschiedlicher Aufstellung/Nahfeld

Wirkungsweise des Multipath im Nahfeld



- Antennennahfeld
 - Pfeiler, Stativ, Dreifuß, Adaption, etc.
- Wirkung auf Signal
 - Diffraktion/Beugung
 - Reflexion
 - Imaging?
 - elektro-magnetische Koppelung?
- Multipath im Nahfeld
 - konstante Geometrie Antenne/Nahfeld
 - systematischer Effekt
 - keine Mittelung über Zeit

Multipath durch Horizontalen Reflektor

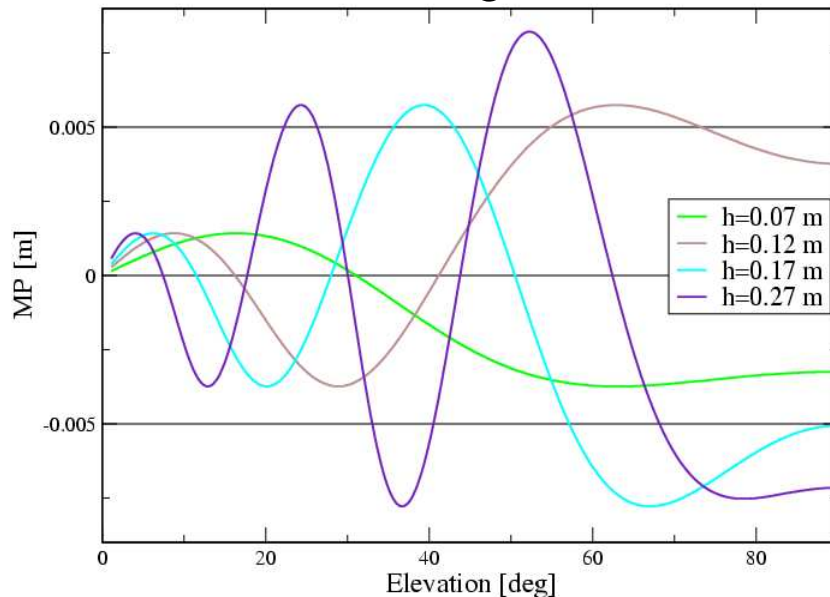


- isotrope (punktförmige) Antenne
- unendlicher horizontaler Reflektor
- Effekt Funktion von
 - Elevation Satellit
 - Umweg bzw. Höhe
 - Reflexionskoeffizient
 - Frequenz

Theoretischer Multipath Anteil

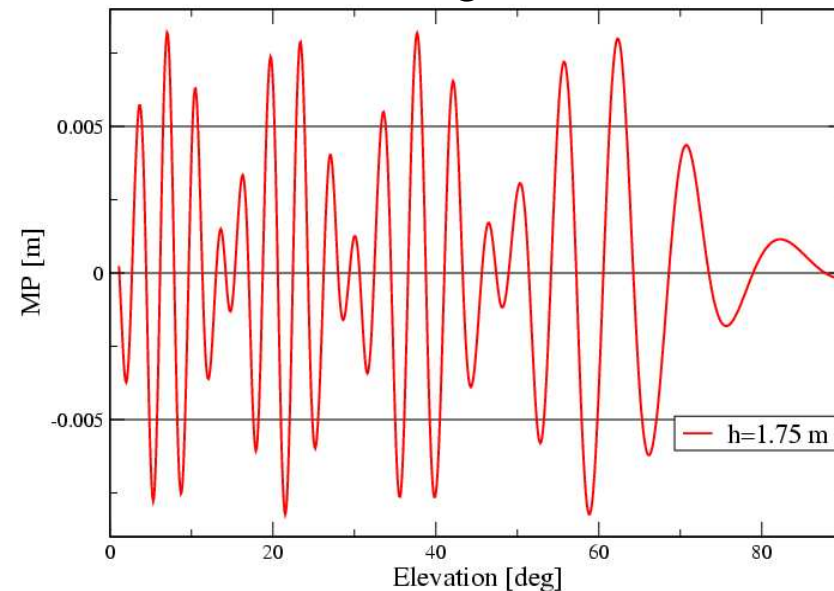


- Pfeileraufstellung



- niedrige Frequenz
- Effekt in hohen Elevationen
- Einfluss systematisch und elevationsabhängig

- Stativaufstellung



- hohe Frequenz
- „vergleichbar“ über Elevation
- Einfluss „geringer“

Auswirkung bei Anwendungen



GPS-Messung

- systematische Effekt auf Koordinate
- systematischer Effekt über „verfälschte“ PCV (Pfeilerkalibrierungen)
- Effekt abhängig
 - Aufstellung (Pfeiler, Stativ, etc.)
 - Adaption (Dreifuß, etc.)
 - unterschiedlich für Antennentyp (Grundplatte, Antennengehäuse, etc.)

Antennenkalibrierung

- systematischer Anteil im PCV (Pfeilerkalibrierungen)

PCV-Kalibrierung



Untersuchungen Nahfeld/Multipath auf PCV-Kalibrierung



- identische Antenne TRM33439.00+GP
- Rekonstruktion von Pfeilerköpfen (Zement beschichtete Holzplatte)
- Roboter ermöglicht Kalibrierung in unterschiedlicher Konfiguration (konstante Geometrie relativ zur Antenne)
- Kombinationen aus

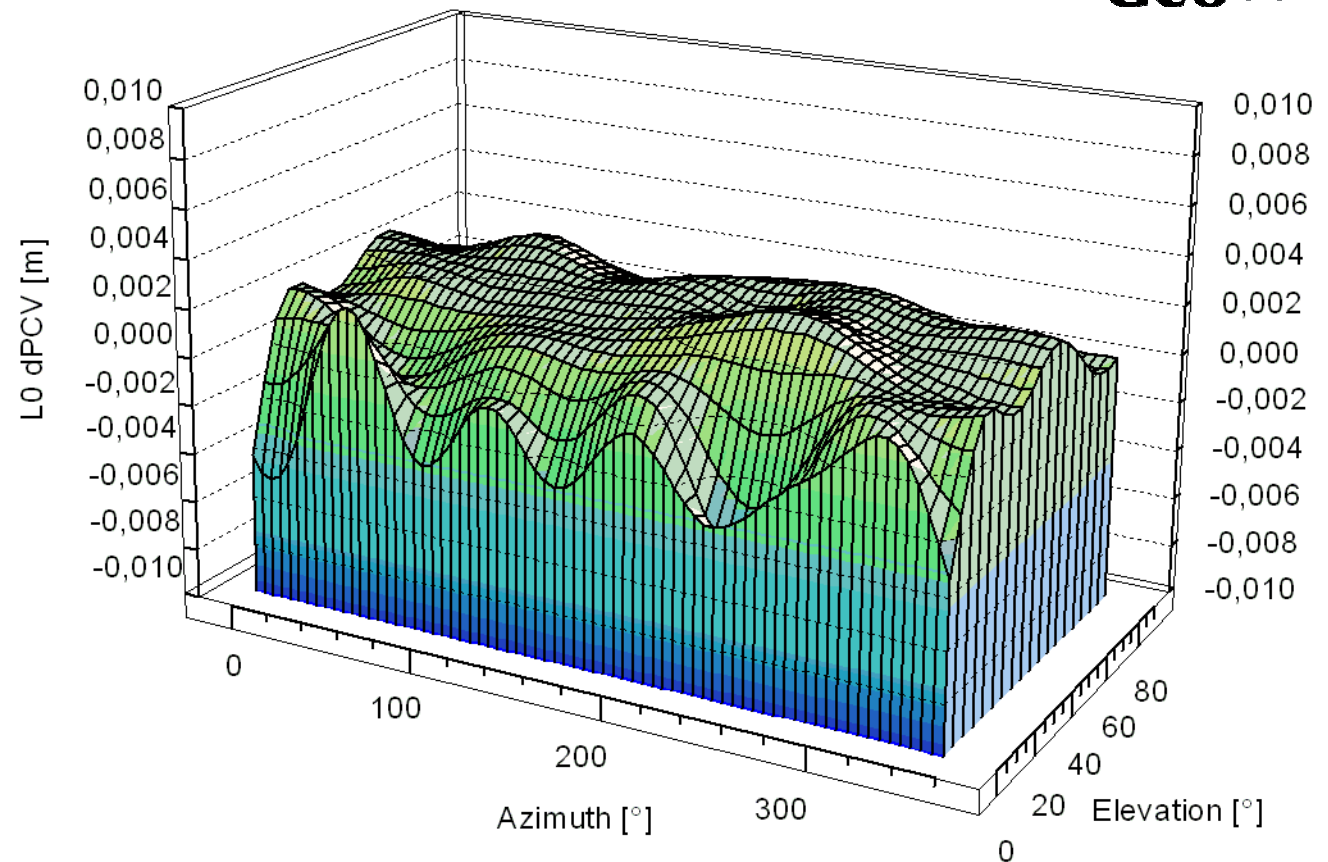
<i>Pfeilerkopf</i>	<i>Dreifuss</i>	<i>Adaption</i>
Ø 19 cm	Δ Zeiss	0.5 cm
30x30 cm	⊗ Bämpfer	5.8 cm
-	-	10.0 cm



TRM33429.20+GP



- Referenz aktuelle Kalibrierung der TRM33439.00+GP (Antenne aus AdV-Benchmark)
- Wiederholbarkeit
 - Differenz L0 PCV nach zwei Jahren 1-2 mm
- zufällige Differenzen
- Bestätigung der absoluten Feldkalibrierung mit Roboter

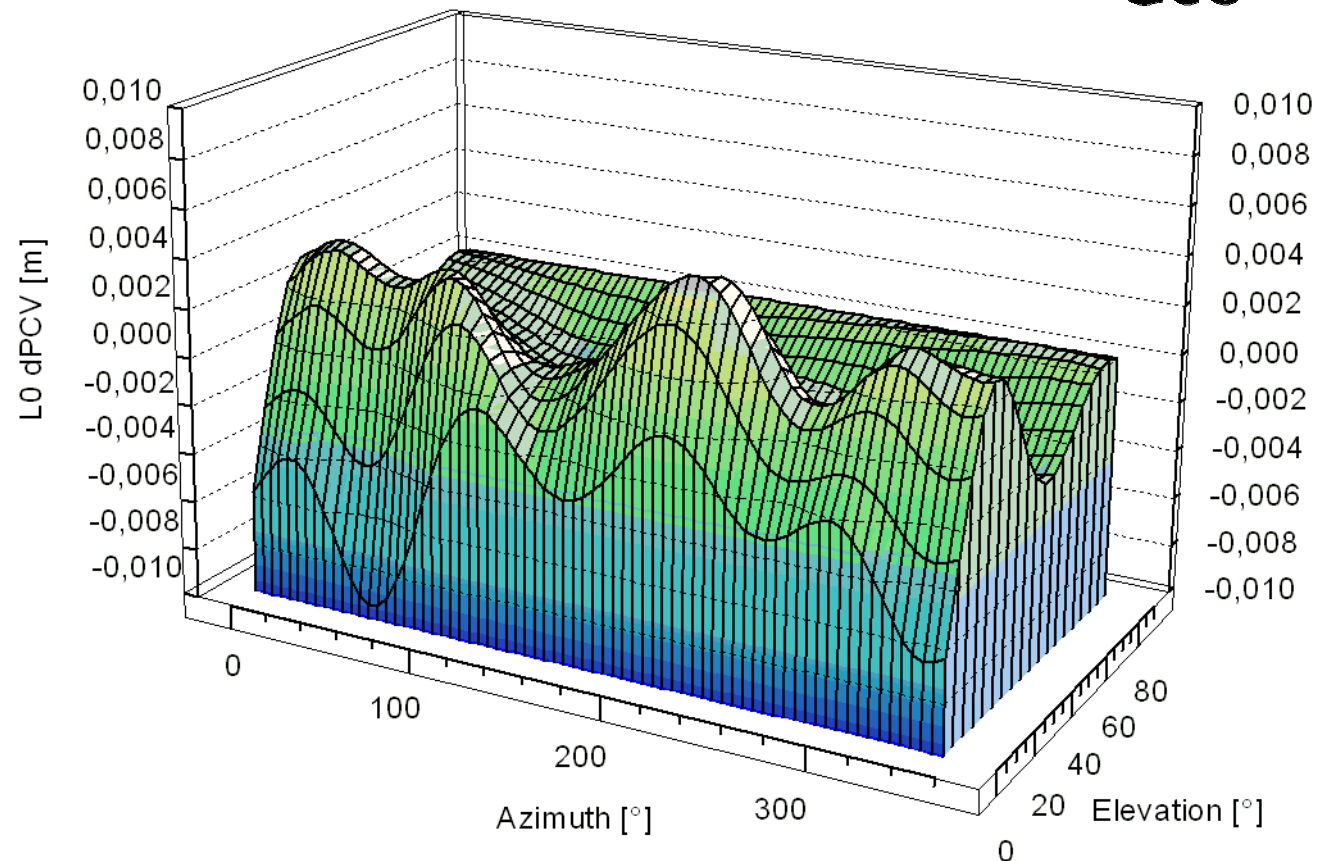




-/⊗ Bämpfer/0.5 cm



- **Dreifuß**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +2.5 mm
 - 40-70° -2.5 mm
- systematische Differenz

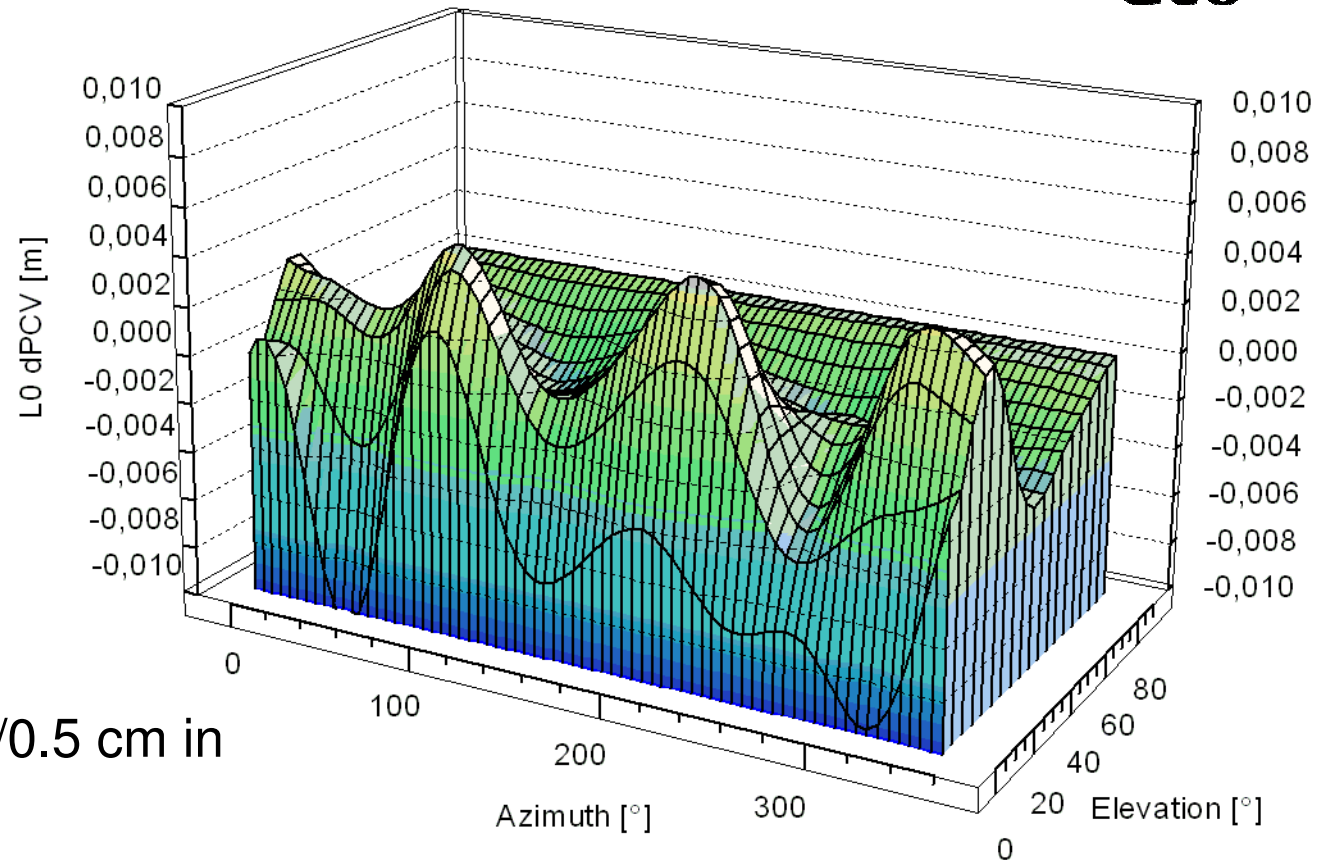




- /Δ Zeiss/0.5cm



- **Dreifuß**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +2.0 mm
 - 40-70° -2.5 mm
- systematische Differenz
- Verstärkung azimuthale Variation zu -/⊗ Bämpfer/0.5 cm in niedrigen Elevationen*



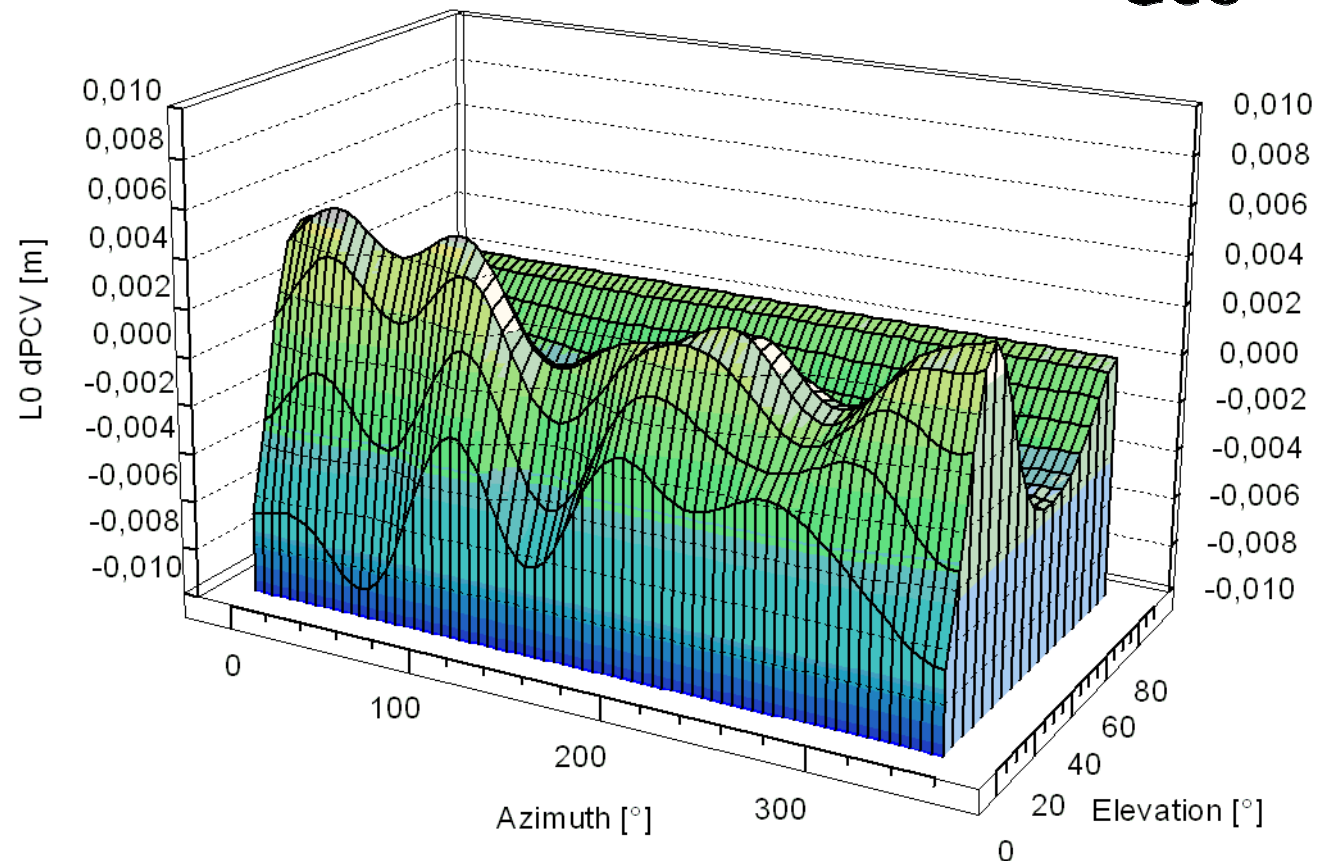
* zu berücksichtigen Bedingung PCV(90°)=0



30x30cm/⊗ Bämpfer/0.5cm



- **Pfeilerkopf**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +3.0 mm
 - 40-70° -3.5 mm
- systematische Differenz
- Verstärkung durch Pfeilerkopf

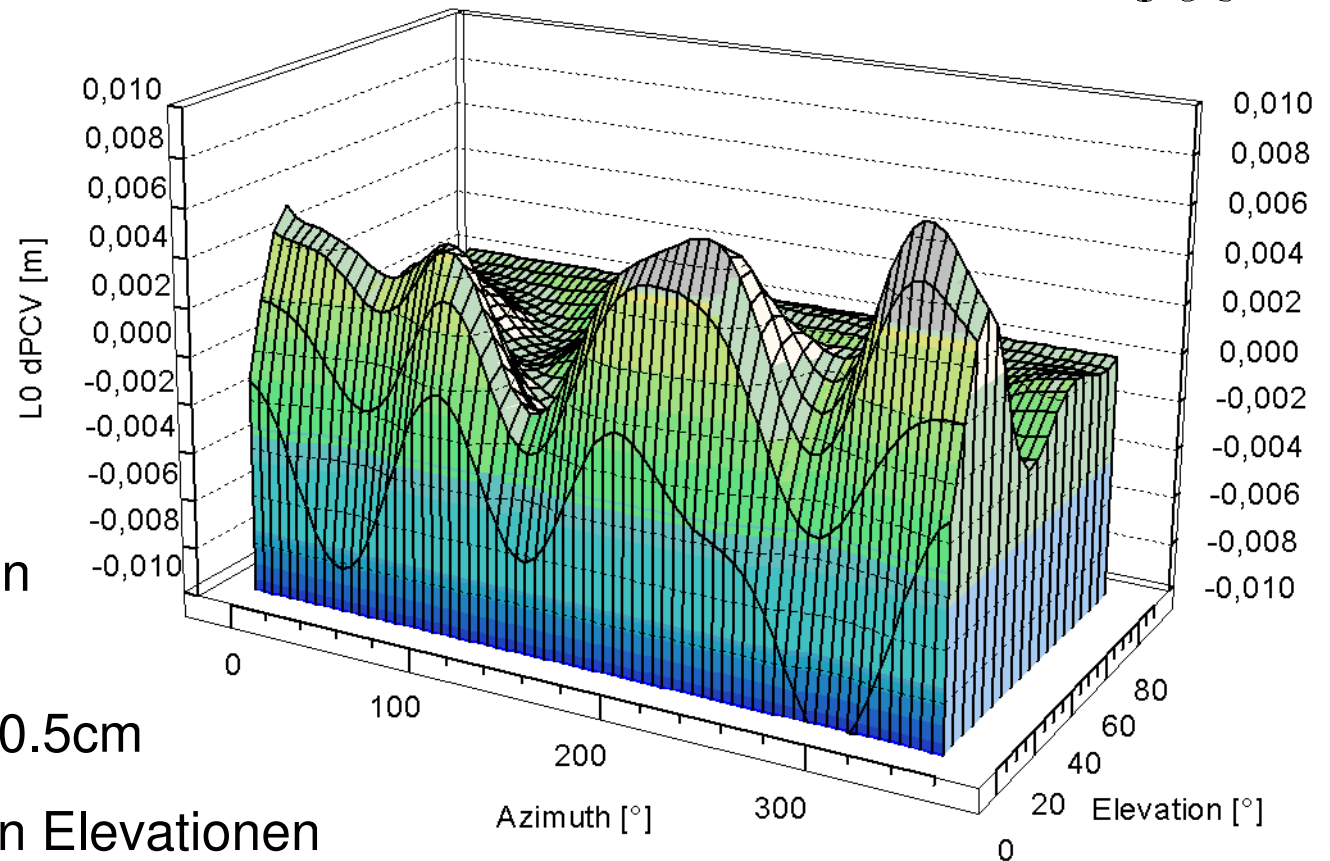




30x30cm/ Δ Zeiss/0.5cm



- **Pfeilerkopf**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +4 mm
 - 40-70° -1 mm
- systematische Differenz in niedrigen Elevationen
- zu 30x30cm/ $\otimes$ Bämpfer/0.5cm
 - Verringerung in hohen Elevationen
 - Verstärkung azimutale Variation

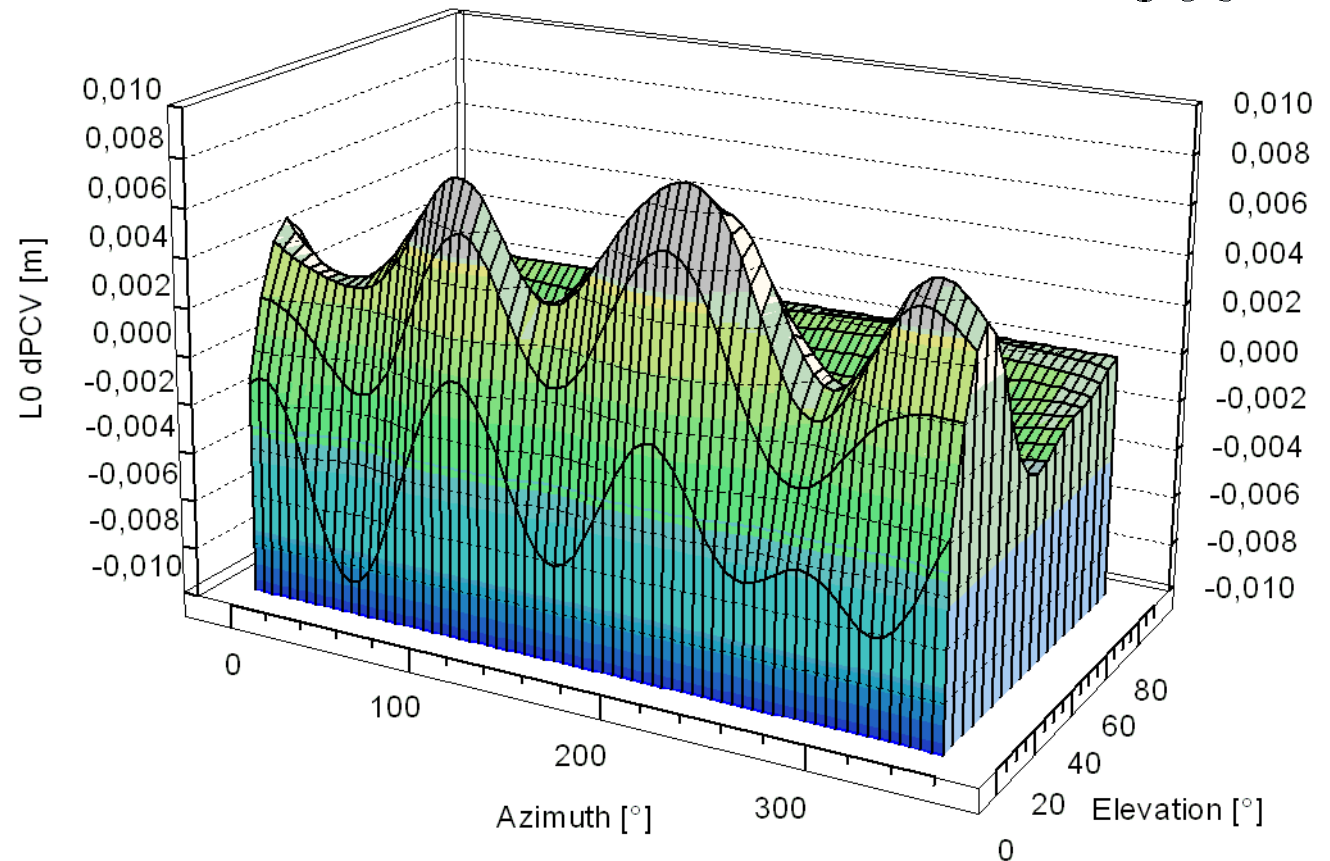




Ø 19cm/Δ Zeiss/0.5 cm



- **Pfeilerkopf/Dreifuß**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +5.0 mm
 - 40-70° -1.5 mm
- systematische Differenz in niedrigen Elevationen
- geringe Änderung zu 30x30cm/Δ Zeiss/0.5cm

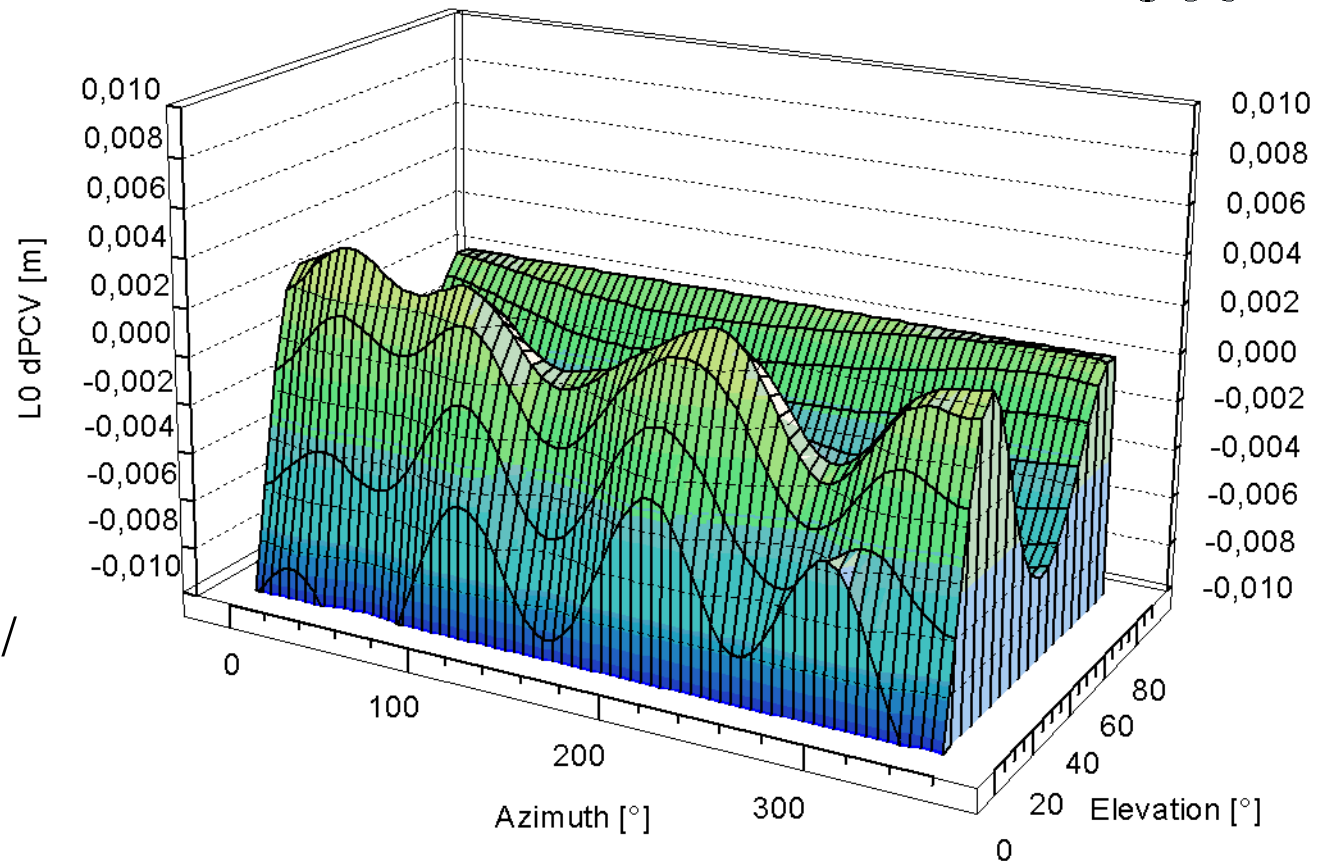




Ø 19cm/⊗ Bämpfer/0.5 cm



- **Pfeilerkopf/Dreifuß**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +2.0 mm
 - 40-70° -5.5 mm
- systematische Differenz
- Verstärkung zu 30x30cm/
⊗ Bämpfer/ 0.5cm
- Verstärkung zu Δ Zeiss
- vergleichbar Adaption AdV-Benchmark Teil 2

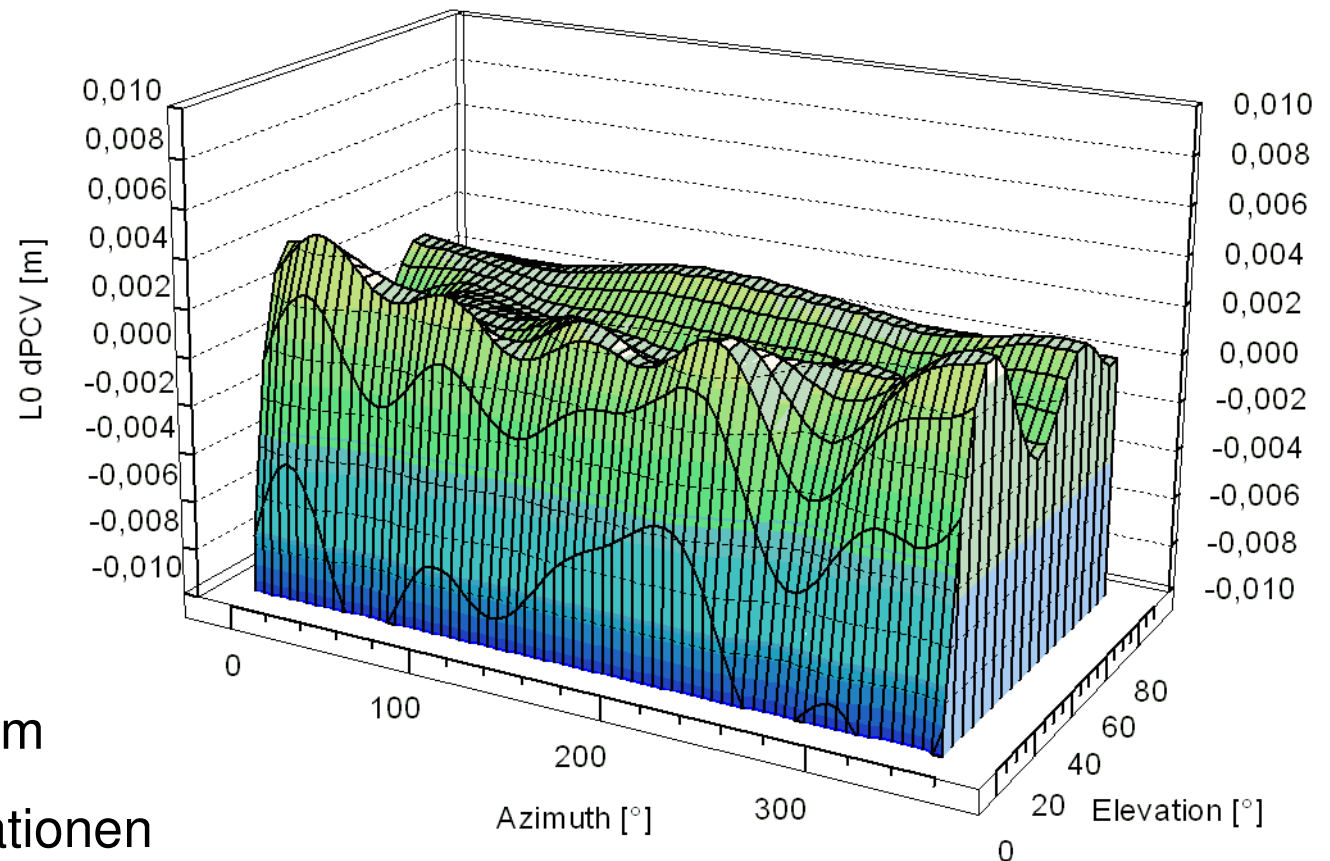




Ø 19cm/⊗ Bämpfer/5.8 cm



- **Abstand**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +2.0 mm
 - 50-80° -1/+1.5 mm
- systematische Differenz
- Verbesserung zu
Ø 19cm/⊗ Bämpfer/0.5 cm
- Änderung in hohen Elevationen

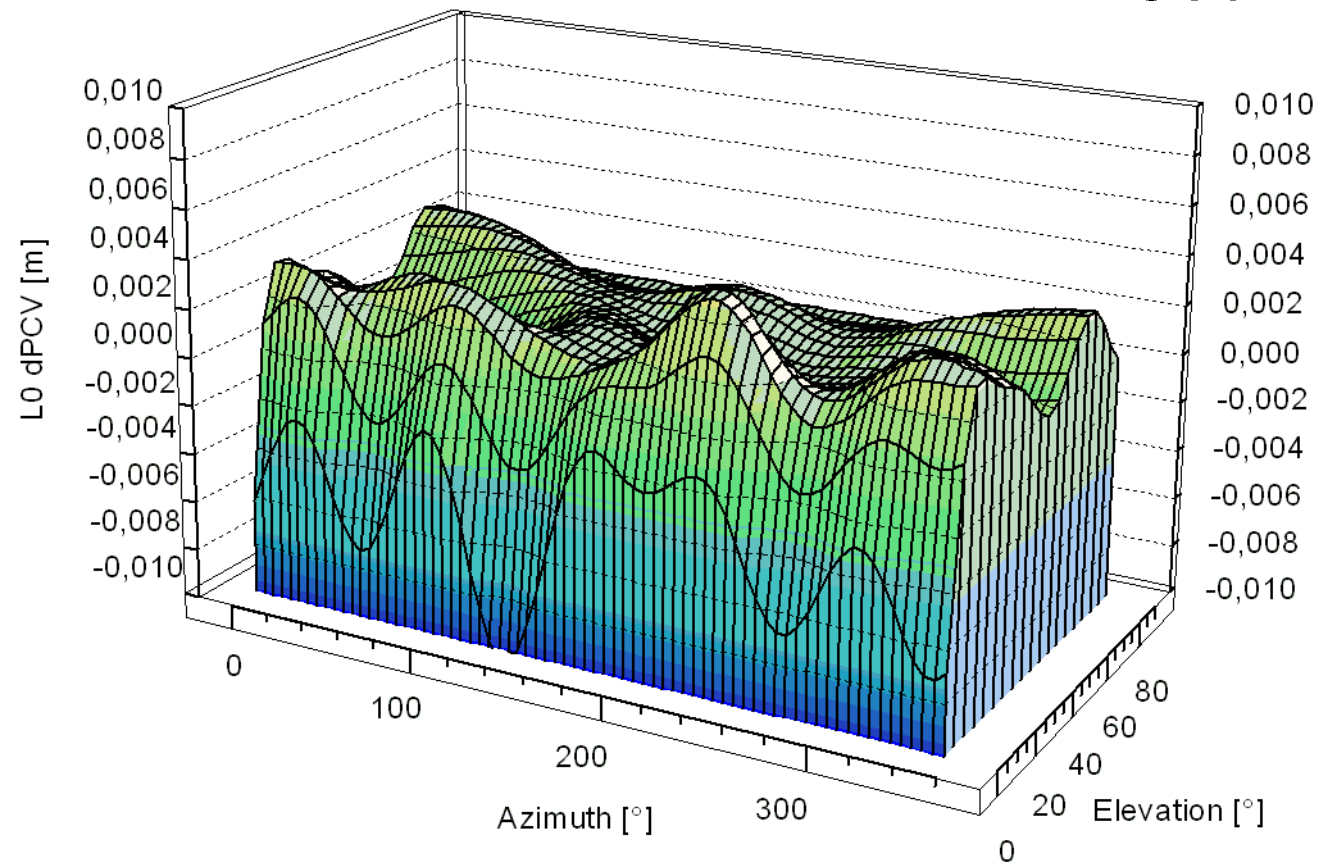




30x30cm/ Δ Zeiss/5.8cm



- **Abstand**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +2.0 mm
 - 50-80° +1.5 mm
- Einfluss
- nah an Referenz

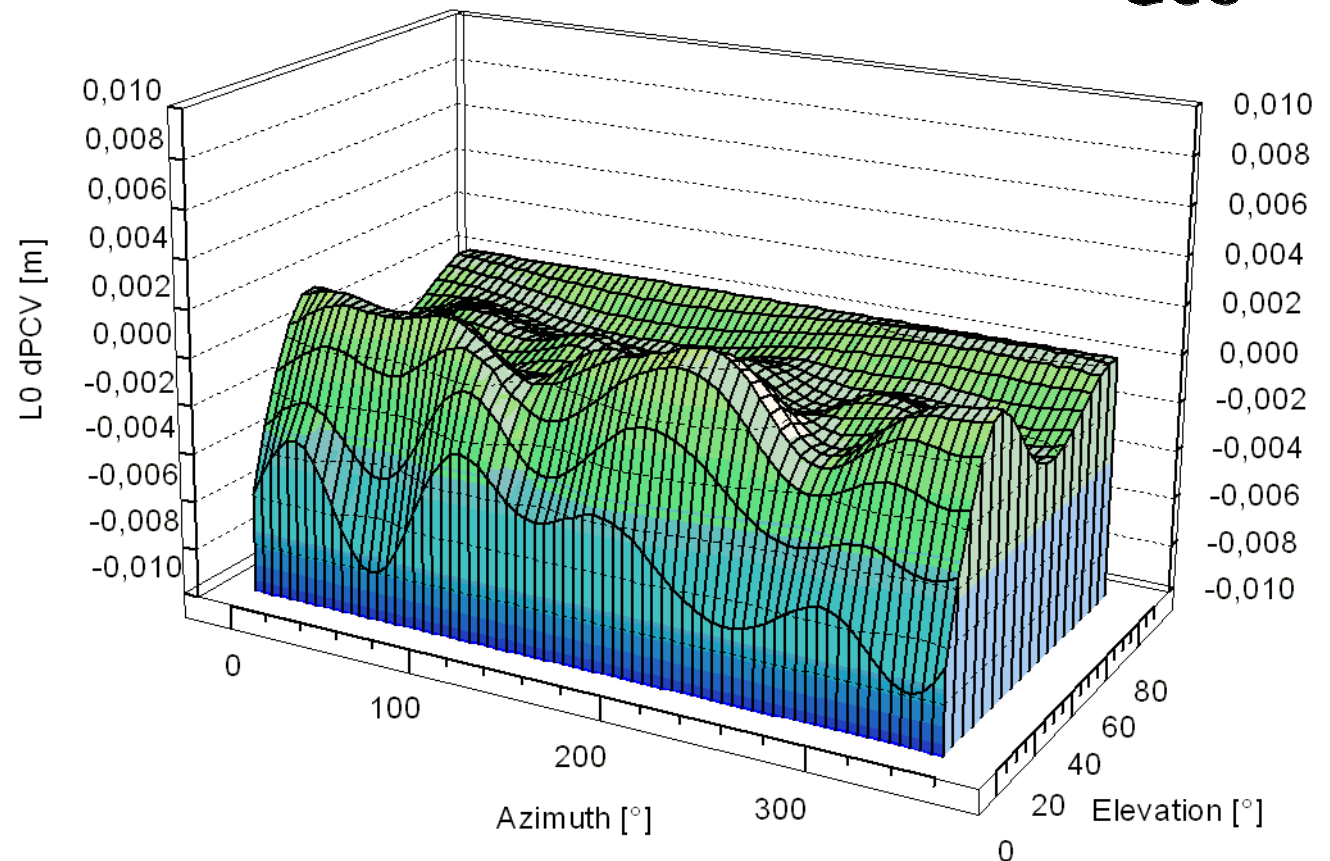




- / - / 5.8 cm



- **Abstand**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 10-30° +1 mm
 - 40-70° -1 mm
- Einfluss
- nah an Referenz

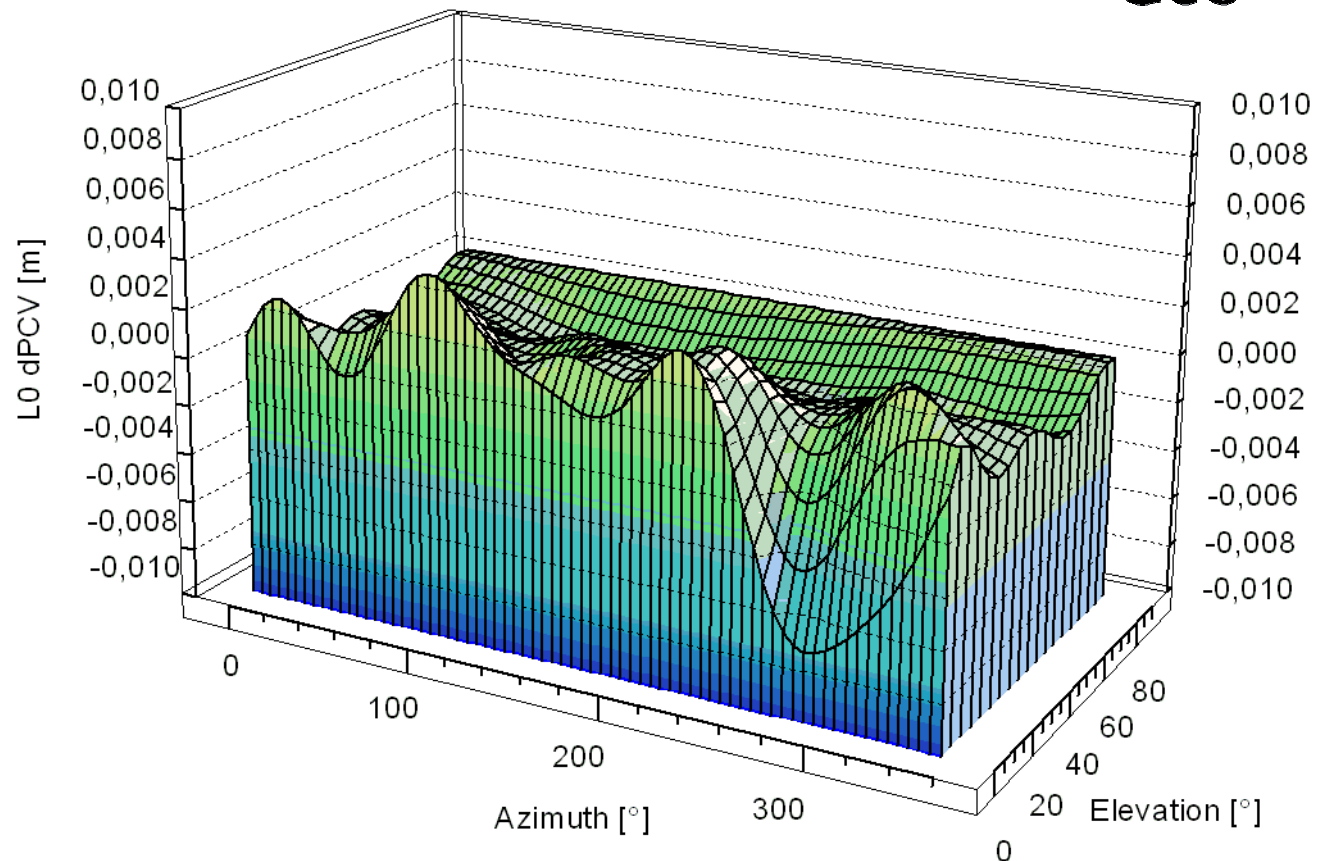




∅ 19cm/⊗ Bämpfer/10.8 cm



- **Abstand**
- Differenz L0 PCV zur Referenz
 - 5-20° +1 mm
 - 50-80° -1.5 mm
- Einfluss
- nah an Referenz



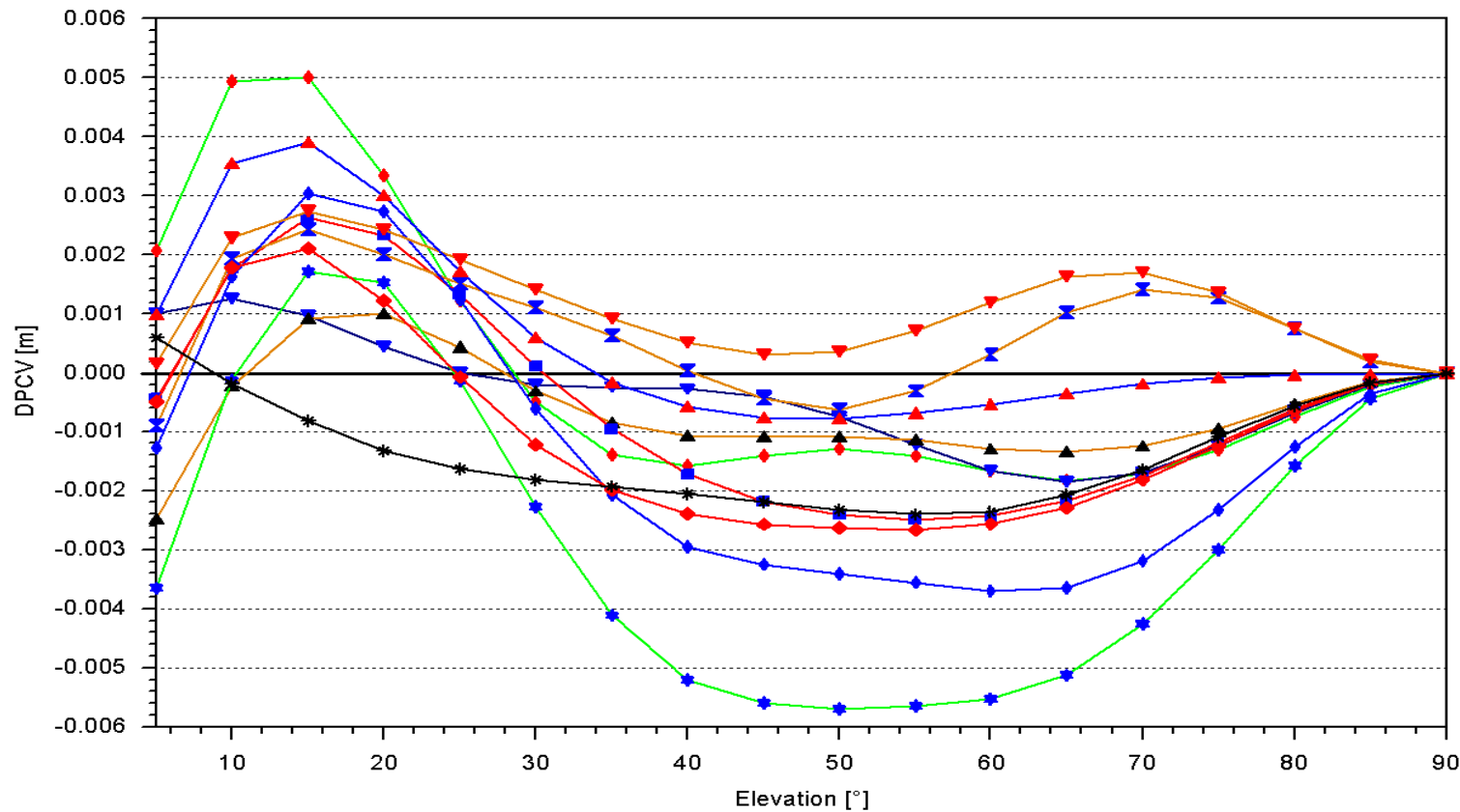
Ergebnis der Vergleiche



Differenzen der PCV im Vollmodell

- unterschiedlicher **Einfluss Dreifuß**
 - Effekt stärker durch Symmetrie
- unterschiedlicher **Einfluss Pfeilerkopf**
 - Effekt stärker durch Symmetrie
- unterschiedlicher **Einfluss durch Abstand**
 - Bestätigung Theorie Nahfeld/Multipath
- Differenzen rein elevationsabhängiger PCV
 - Mittelung der azimuthalen PCV
 - reduzierte Information

Vergleich elevationsabhängiger PCV - Nahfeld/Multipath -



- generelle Bestätigung der Ergebnisse Vollmodell
- Vergleich mit Theorie möglich

GPS-Messungen

Untersuchungen Nahfeld/Multipath auf GPS-Messungen



- 3 unterschiedliche **Antennentypen**
 - TRM22020.00+GP
 - TRM33439.00+GP (aus AdV-Benchmark)
 - TRM39105.00 (aus AdV-Benchmark)
- 36 Tage Messungen auf/über Pfeiler Geo++ Messdach
- **siderisch** entsprechenden Zeiten
- **5 Adaptionen**

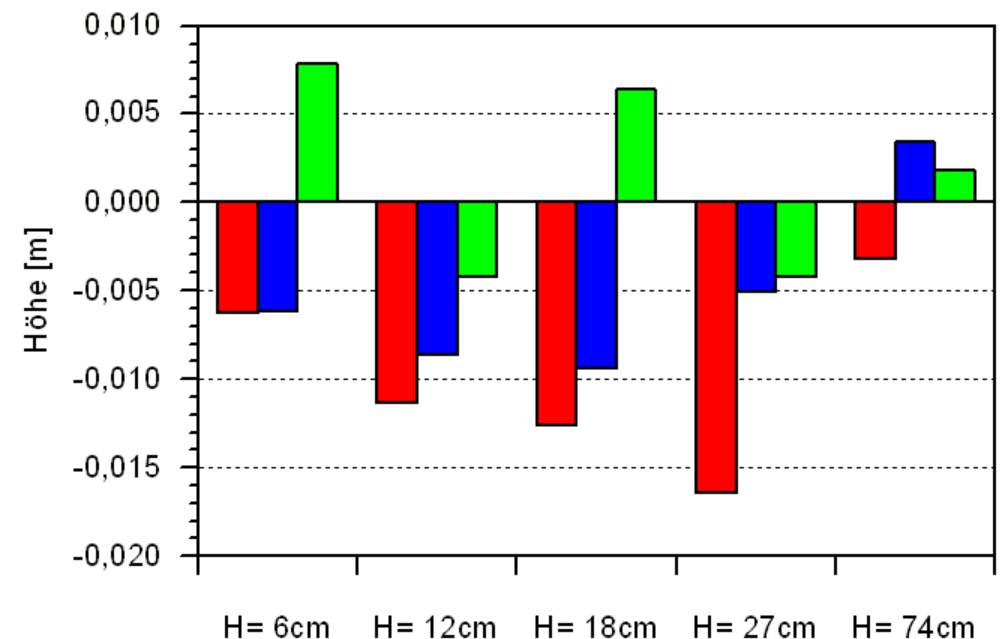
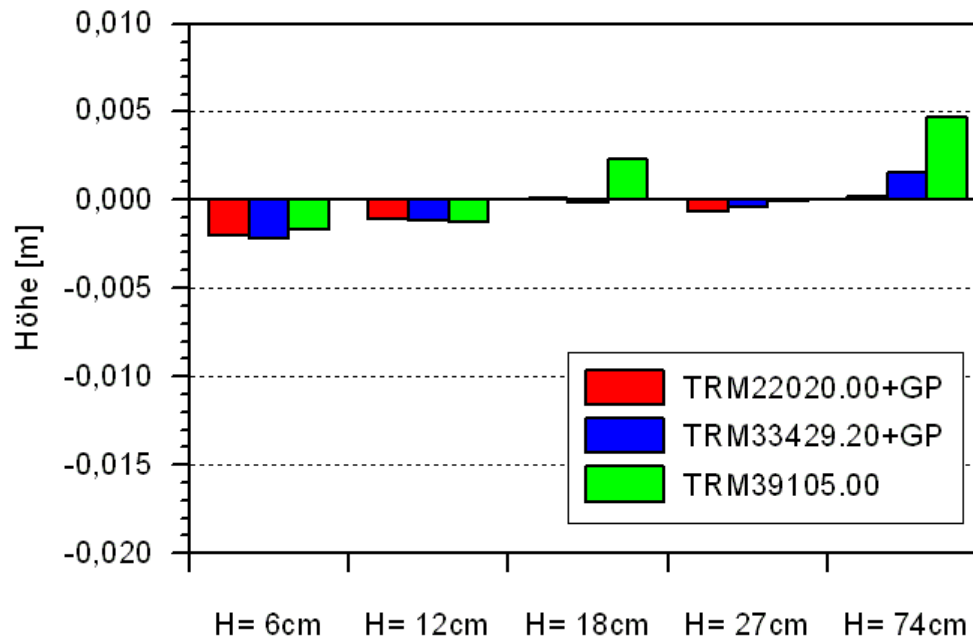


<i>Kopf</i>	<i>Dreifuss</i>	<i>Adaption</i>
30x30 cm	Δ Zeiss	6 cm
30x30 cm	Δ Zeiss	12 cm
30x30 cm	Δ Zeiss	15 cm
30x30 cm	Δ Zeiss	27 cm
Stativ	Δ Zeiss	74 cm

- absolute individuelle PCV Korrektur
- **Referenzkoordinaten** aus ca. 22 Tagen Daten



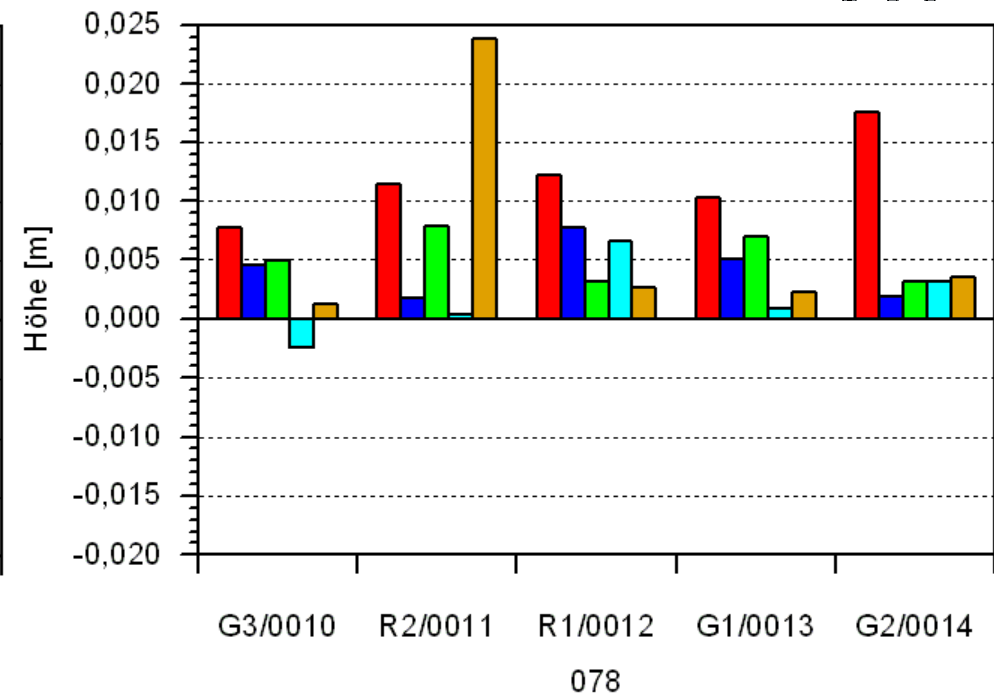
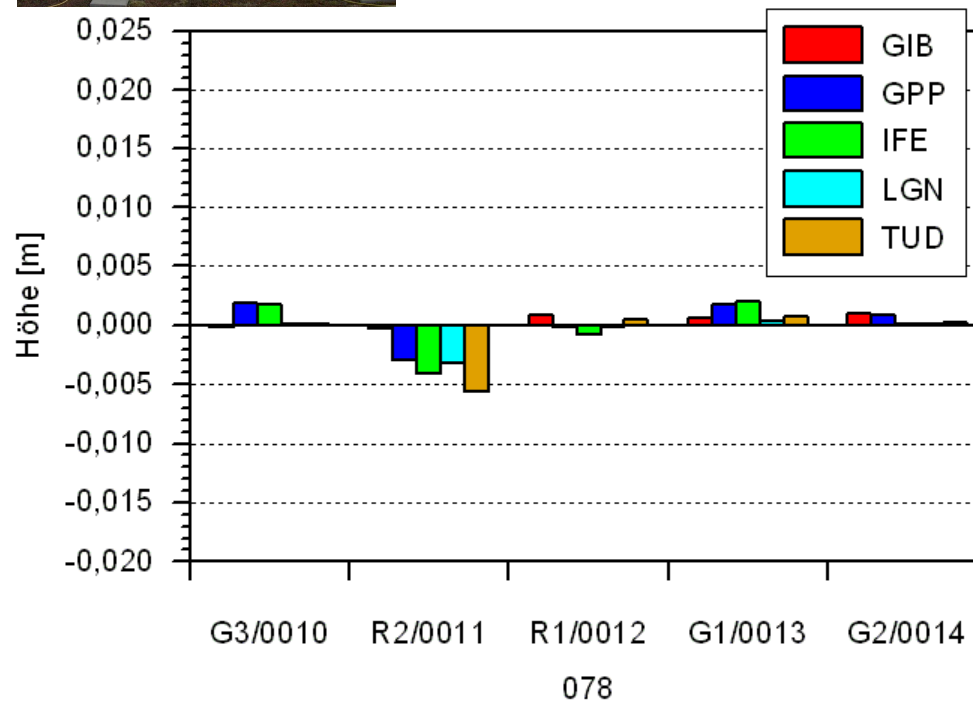
Effekt Nahfeld – Multipath - Adaptionstest 8h -



- Koordinatenschätzung LX
 - geodätische Antenne **< 2 mm**
 - Rover Antenne **< 5 mm**
- Koordinatenschätzung L0+Troposhäre
 - systematische Differenzen
 - bis **15 mm** abhängig vom Abstand
- Stativaufstellung **< 3 mm**



Effekt Nahfeld - Multipath - AdV-Benchmark Teil 2 -

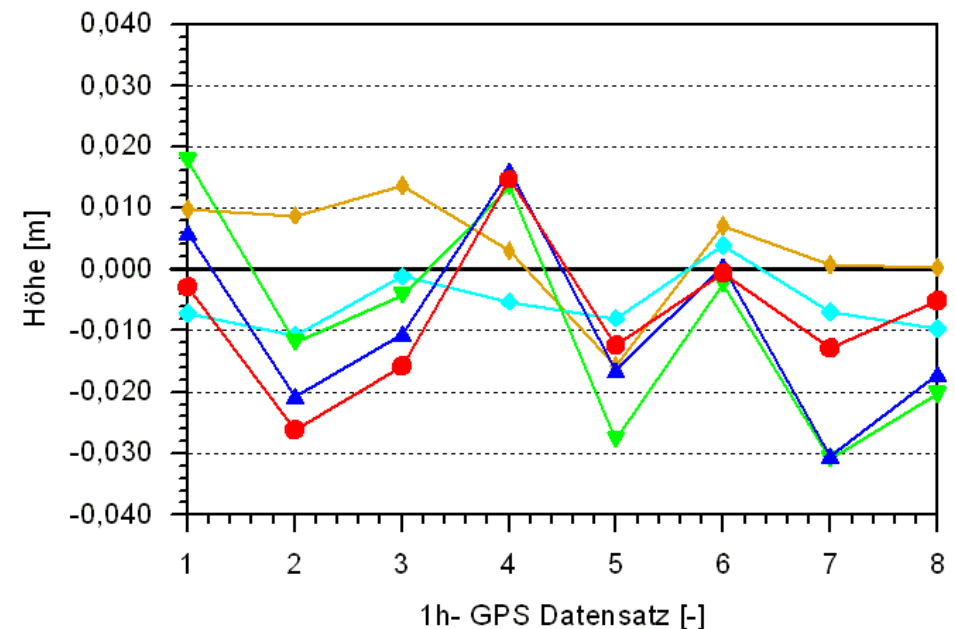
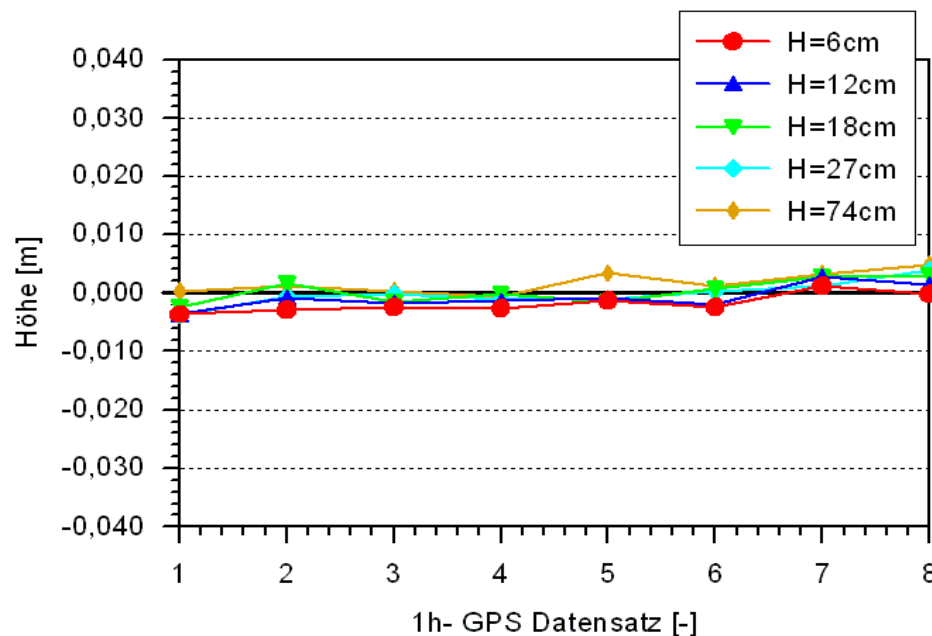


- Effekte aus Nahfeld/Multipath dominieren
- keine Aussagen über PCV-Qualität möglich (siehe AWS 2002)
- aber: aktuelle Ergebnisse zu Nahfeld/Multipath



Effekt Nahfeld - Multipath - Adaptionstest 1h -

exemplarisch: Höhenkomponente TRM33439.00+GP



- Koordinatenschätzung LX
- Differenzen < **2 mm**

- Koordinatenschätzung L0+Troposhäre
- systematische Differenzen **bis 30 mm**
- Multipath Einfluss erkennbar

Zusammenfassung ...



- Theorie Nahfeld/Multipath
 - systematische Effekte durch nahe horizontale Reflektoren
 - keine Mittelung des Nahfeld/Multipath
- Untersuchung von Nahfeld/Multipath auf PCV-Kalibrierung
 - signifikante Effekte durch Pfeilerkopf, Dreifuß, etc.
- Untersuchung von Nahfeld/Multipath auf GPS-Messung
 - Bestätigung Theorie
 - Bestätigung Erkenntnisse aus PCV-Kalibrierungen mit Nahfeld/Multipath Veränderungen

Ist die Welt noch in Ordnung?



stationsabhängige Fehleranteile

- **Antenne**

- absolute Antennenkalibrierung
- Pfeilerkalibrierungen: Effekte durch Nahfeld/Multipath

=> **Kalibrierung Nahfeld-Effekte** mit Roboter/Rekonstruktion

- **Multipath**

- systematischer Effekt (Nahfeld/Multipath)
- Umgebungs-Multipath (Mittelung über Zeit)

=> **Multipath Stationskalibrierung** erfasst beide Effekte

- **Stationsstabilität/Stationsauswahl**

- Zeitreihenanalyse
- systematische Störung von Pfeileraufstellungen durch Nahfeld/Multipath

Dank



- Arbeitsgruppe Antennen- und Stationskalibrierung



- Landesvermessung + Geobasisinformation
Niedersachsen



- Förderung in 1998-2002 durch Bundesministerium für Bildung, Forschung und Technologie (BMBF) und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unter 50NA9809

