Absolute Feldkalibrierung von GPS-Antennen Ergebnisse (Teil 2)



Gerhard Wübbena, Martin Schmitz,
Gerald Boettcher
(Geo++® GmbH)

Falko Menge, Volker Böder, Heiko Leistner, Günter Seeber (IfE)

Inhalt:

Ergebnisse (Teil 2)
Genauigkeiten
Wiederholbarkeit
Beispiele
Verifikation
Empfehlungen

Absolute Feldkalibrierung von GPS-Antennen Ergebnisse (Teil 2)

Gerhard Wübbena, Martin Schmitz, Gerald Boettcher (Geo++® GmbH), Falko Menge, Volker Böder, Heiko Leistner, Günter Seeber (IfE)



Im ersten Teil des Vortrages wurden die Grundlagen der Antennenkalibrierung sowie die Entwicklungen in der Arbeitsgruppe zusammengestellt. Im zweiten Teil werden Ergebnisse der automatisierten absoluten PCV Feldkalibrierung zusammengestellt.

Es wird eine kurze Übersicht über den aktuellen Stand der bislang durchgeführten absoluten PCV Feldkalibrierung gegeben. Als Ergebnis einer Kalibrierung liegen absolute dreidimensionale Offsets und absolute PCV, die azimut- und elevationsabhängig bzw. rein elevationsabhängig sein können. Zur Qualitätsbeurteilung werden unterschiedliche Parameter verwendet.

Als erstes Beispiel werden die absoluten L1 und L2 PCV der Leica AT504 und deren Standardabweichung gezeigt. Die homogene azimutale Verteilung der Standardabweichung wird durch die hohe Anzahl an gleichmäßig verteilten Beobachtungen über die gesamte Antenne erreicht. Zum Horizont ist ein Genauigkeitsabfall zu erkennen, der jedoch im Vergleich zu anderen Kalibrierungstechniken gering ist. Die Wiederholbarkeit wird an zwei Beispielen dargestellt. Verglichen wird einmal dieselbe Antenne (AOAD/M_T), die am IfE und bei Geo++ mit unterschiedlichen Roboterarmen bzw. dieselbe Antenne (AOAD/M_T), die zweimal bei Geo++ an unterschiedlichen Tagen mit vollständigem Auf– und Abbau kalibriert wurde.

Es kann insgesamt nachgewiesen werden, dass die absolute PCV Feldkalibrierung eine sehr hohe innere und äußere Wiederholbarkeit besitzt und ein operationelles Verfahren darstellt. Insbesondere können erstmals mit sehr hoher Auflösung azimutale Variationen signifikant nachgewiesen werden.

In speziellen Beispielen werden azimutale PCV für eine Choke Ring Antenne nachgewiesen, Differenzen eines Antennentyps innerhalb einer Bauserie, Differenzen zwischen Antennen, die laut Hersteller vergleichbar sind, die Wirkung einer Grundplatte auf die PCV Charakteristik und PCV von zwei Rover–Antennen angegeben. Die Beispiele zeigen, dass eine individuelle Kalibrierung in Abhängigkeit von Genauigkeits–anforderungen sinnvoll und notwendig ist.

Für den Anwender sind die Einflüsse des PCV auf die Koordinatenbestimmung von Interesse. Deshalb wurden RT-Tests (unterschiedlicher Cut-Off Winkel) durchgeführt, die Koordinatendifferenzen im Bereich von 4 bis 6 mm in der Lage aufzeigen. Die Höhenkomponente ist erwartungsgemäß weniger durch azimutale PCV beeinflußt.

Die verbleibenden PCV bei einer relativen Kalibrierung (PCV der Referenzantenne) wird anhand erster Ergebnisse der absoluten Kalibrierung der tatsächlichen IGS Referenzantenne dargestellt. Es ist offensichtlich, dass durch nicht gleich orientierte Antennen Fehler in einer Auswertung entstehen (große Netze, Ingenieuranwendungen mit geneigten Antennen).



Kalibrierungsergebnisse

- absolute Echtzeit Antennenkalibrierung für GNSS-Antennen operationelles Verfahren
- bislang ca. 130 Kalibrierungen (Geo++ und IfE)
- ca. 20 GPS-Antennentypen
- ca. 25 GPS-Antennen (davon ca. 15 Auftragsarbeiten)
- absolute Lage- und Höhen-Offsets
- absolute azimut– und elevationsabhängige PCV
- ggf. absolute elevationsabhängige PCV



Analyse Kalibrierungsergebnisse

Qualitätsbeurteilung

- Standardabweichung der Ausgleichung
- Standardabweichung der PCV
- Wiederholbarkeit (unterschiedlicher Orte, Konfigurationen und Roboterarme)

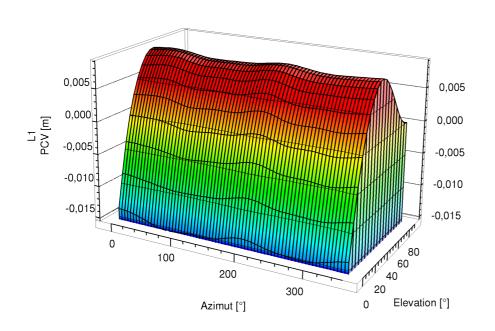
Vergleiche auf Grundlage

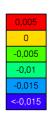
- Lage- und Höhen-Offsets (nur eingeschränkt gültig, daher nicht herangezogen)
- elevationsabhängiger PCV (2D)
- azimut– und elevationsabhängiger PCV (3D)
- sinnvoll: Abspaltung der elevationsabhängigen
 PCV und Analyse reine Azimutabhängigkeit

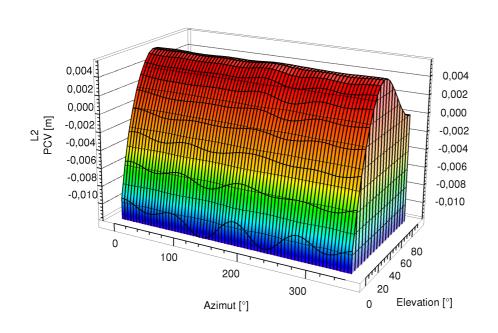
Leica AT504 (LEIAT504)



L1 absolute PCV





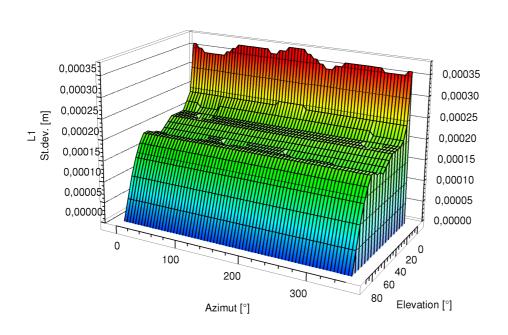


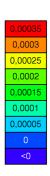


Leica AT504 (LEIAT504)

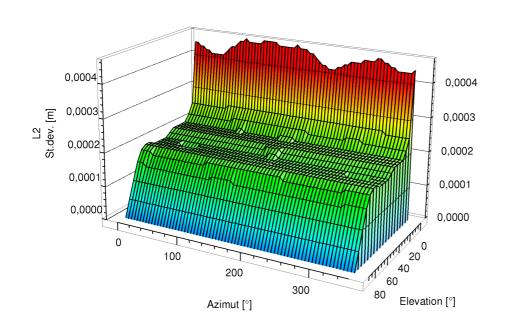


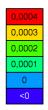
St.dev. L1 absolute PCV





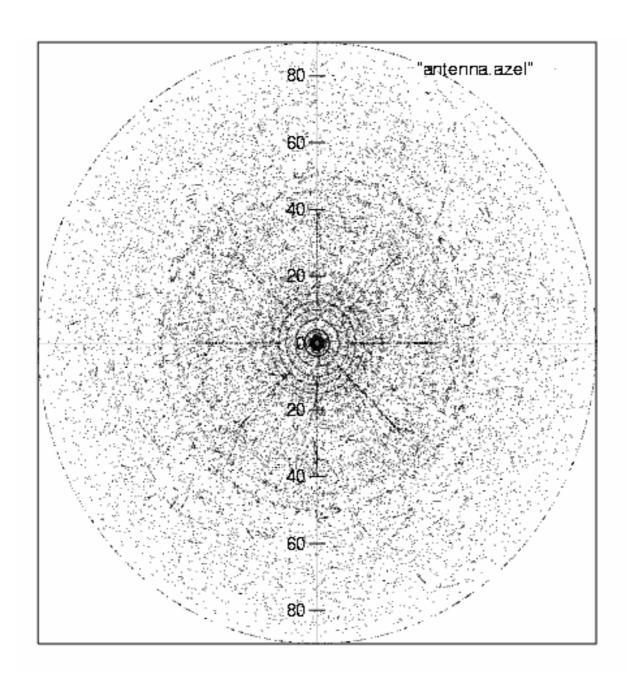
St.dev. L2 absolute PCV







Antennenüberdeckung einer Absoluten Echtzeit Kalibrierung

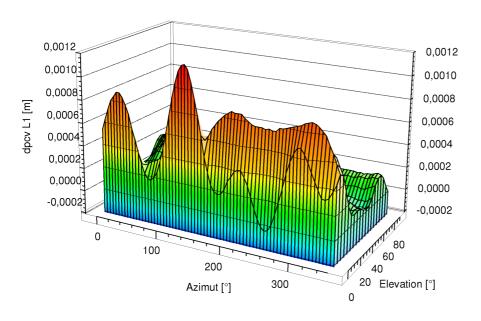


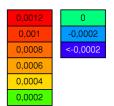
Wiederholbarkeit Kalibrierung

unterschiedlicher Ort, Roboter, Konstellation, Bedingungen

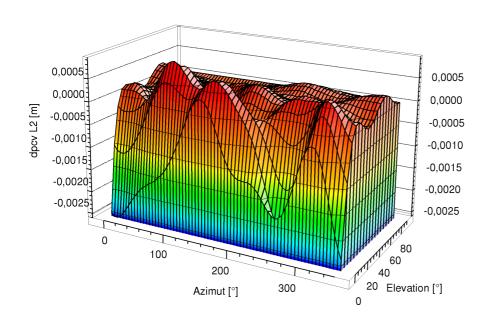
L1 absolute PCV Differenzen







L2 absolute PCV Differenzen



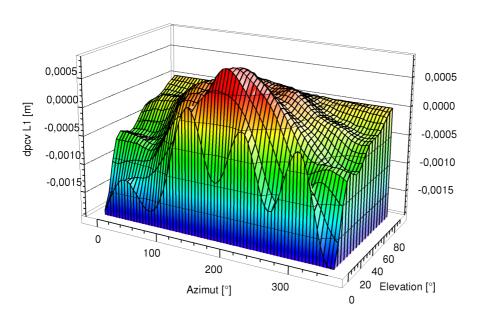


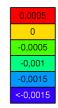
Wiederholbarkeit Kalibrierung

unterschiedliche Konstellation, Bedingungen

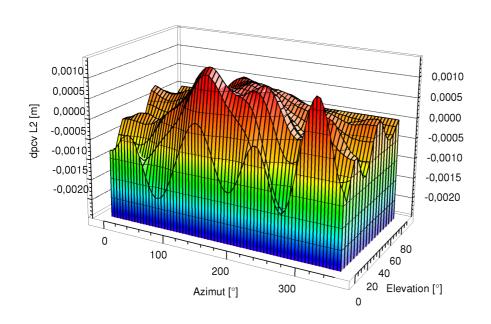
L1 absolute PCV Differenzen







L2 absolute PCV Differenzen







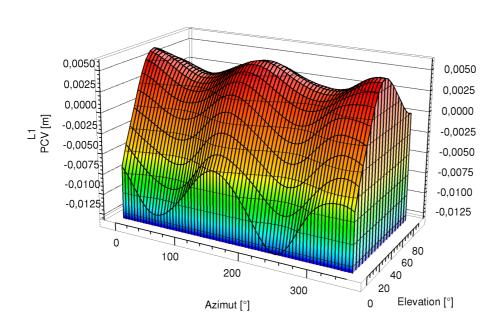
Spezielle Beispiele aus bisherigen Kalibrierungsergebnissen

- Azimutale PCV für Choke Ring Antenne (verbreitet auf Referenzstationen)
- Vergleich Antennen innerhalb einer »Bauserie«
- Vergleich »baugleicher« Antennen
- Wirkung einer »Groundplane«
- Rover-Antennen: azimutale Variationen bis Annäherung an »Nullantenne«

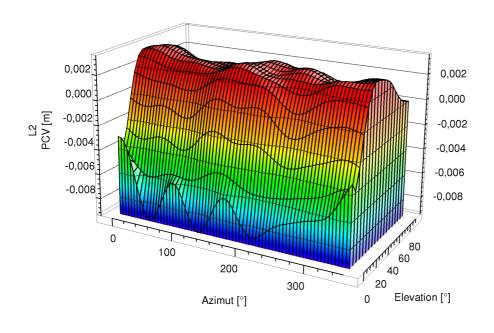
Leica AT303 (LEIAT303_LEIC)



L1 absolute PCV





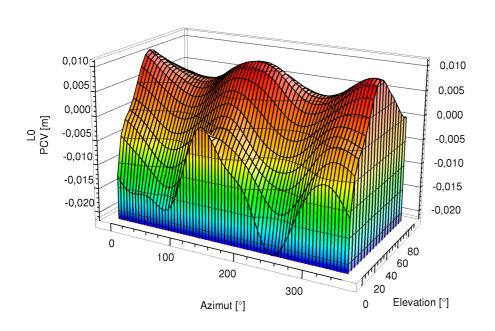




Leica AT303 (LEIAT303_LEIC)

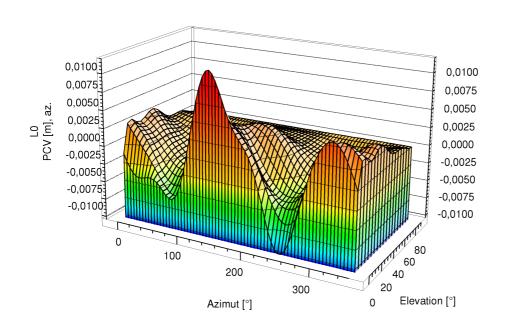


L0 absolute PCV





L0 azimutale PCV



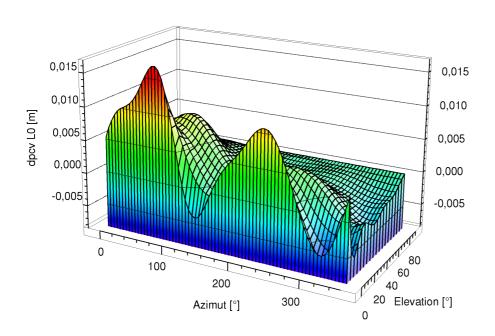


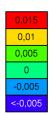


Vergleich zweier baugleicher Antennen

It. Hersteller baugleicher Antenntyp

L0 absolute PCV Differenzen

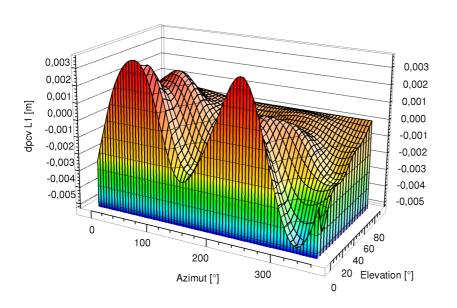


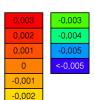


Vergleich zweier baugleicher Antennen

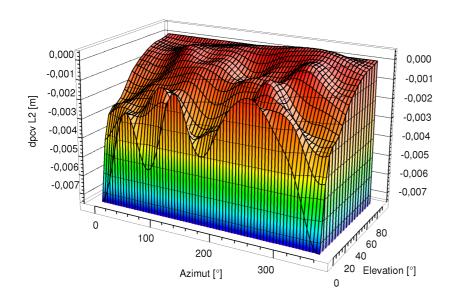


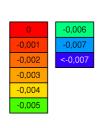
L1 absolute PCV Differenzen





L2 absolute PCV Differenzen



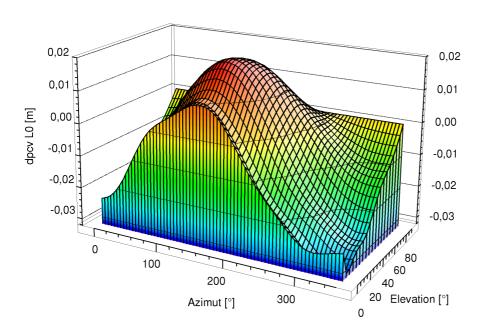




Vergleich zweier Antennen aus einer Bauserie

- gleicher Antenntyp
- Differenz der Seriennummer 14

L0 absolute PCV Differenzen

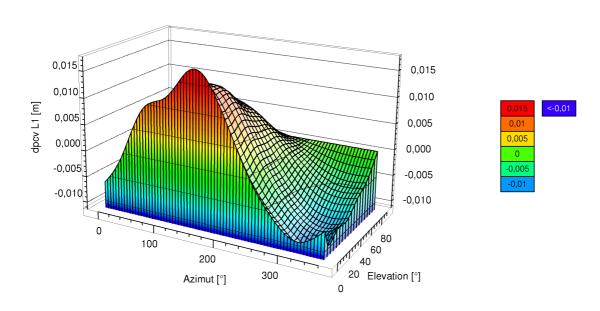




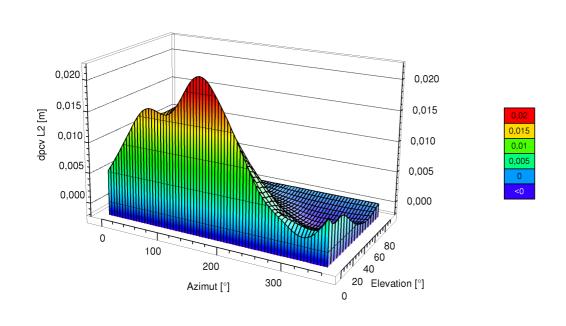
Vergleich zweier Antennen aus einer Bauserie



L1 absolute PCV Differenzen



L2 absolute PCV Differenzen

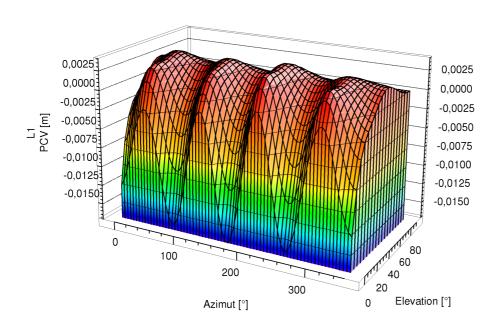


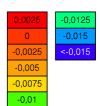
Trimble Compact

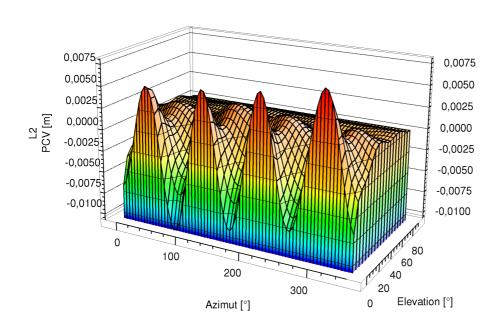
(TRM22020.00-gp)

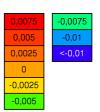


L1 absolute PCV







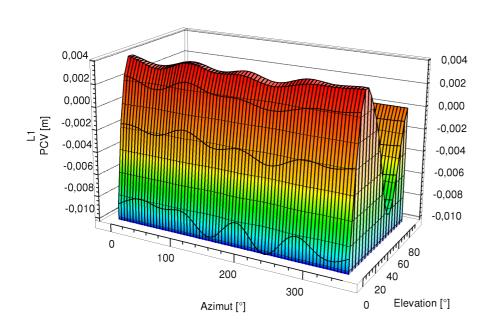


Trimble Compact

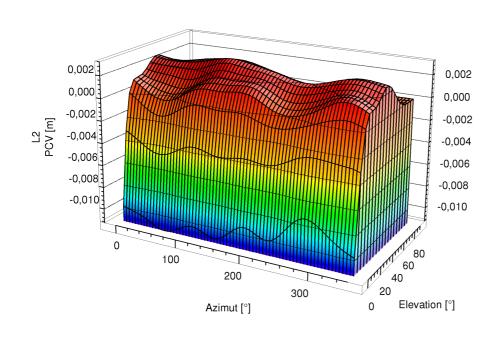
(TRM22020.00+gp)



L1 absolute PCV





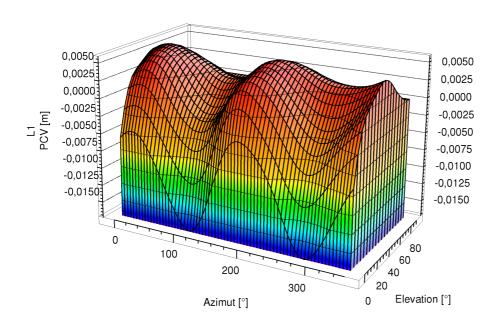




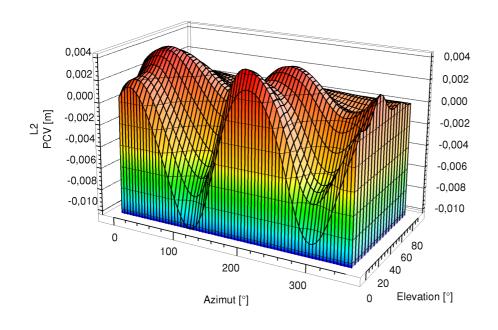
Ashtech Marine III (ASH700700.B)



L1 absolute PCV





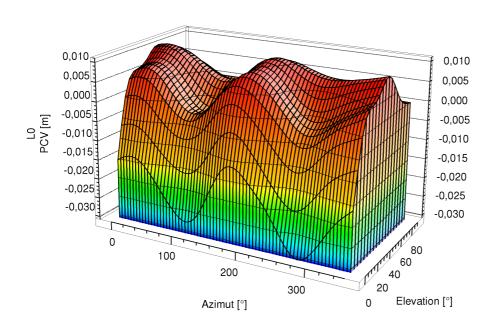


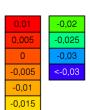


Ashtech Marine III (ASH700700.B)

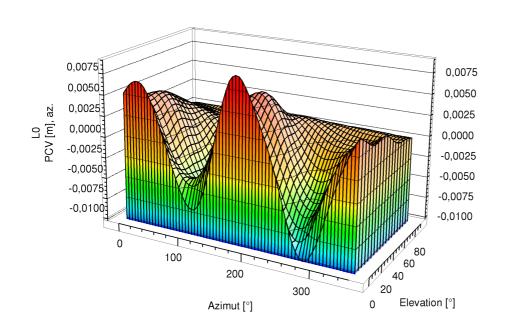


L0 absolute PCV





L0 azimutale PCV

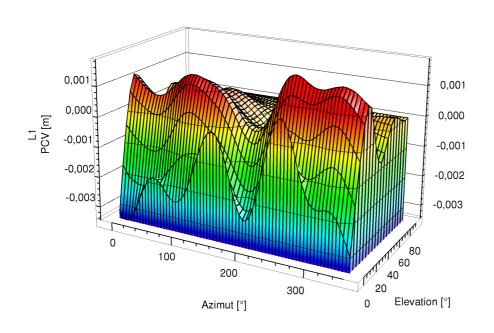




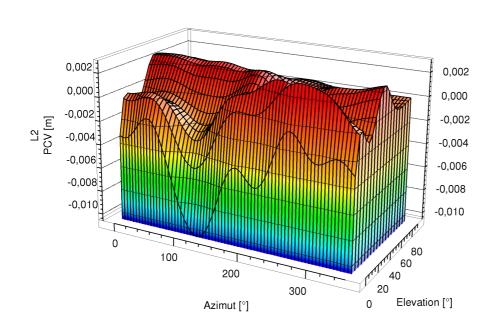
Leica AT502 (LEIAT502)



L1 absolute PCV





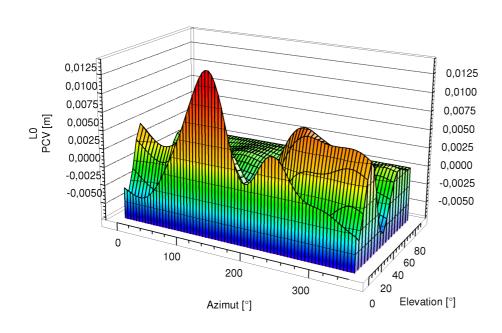




Leica AT502 (LEIAT502)

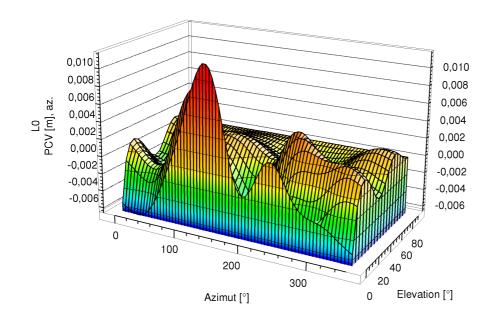


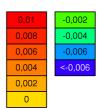
L0 absolute PCV





L0 azimutale PCV







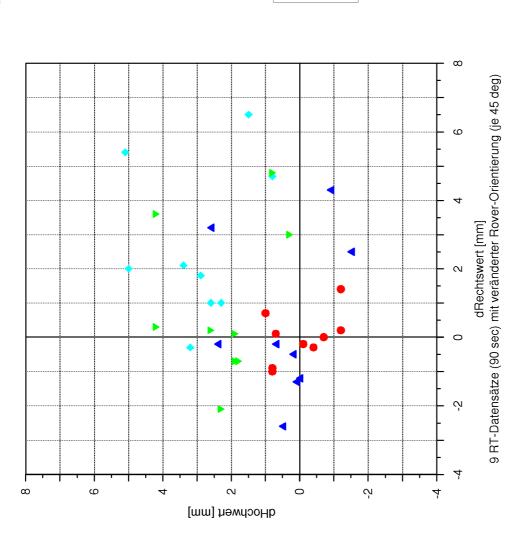
Zusammenfassung

- Absolute Echtzeit Kalibrierung von GNSS– Antennen operationelles und zuverlässiges Verfahren
- signifikante Bestimmung von azimutabhängigen PCV möglich
- Verifikation systematischer Effekte absoluter PCV und Azimutabhängigkeit der PCV auf Koordinatenbestimmung (Netzbetreiber, RTK– Rover)





Verifikation azimutale PCV mit RTK-Test (5°)



az+el abs Geo++
el abs Geo++
el rel NGS
off rel NGS

Maßstab 10:1

DOY 129 158020-158981

Verifikation azimutale PCV mit RTK-Test (5°)

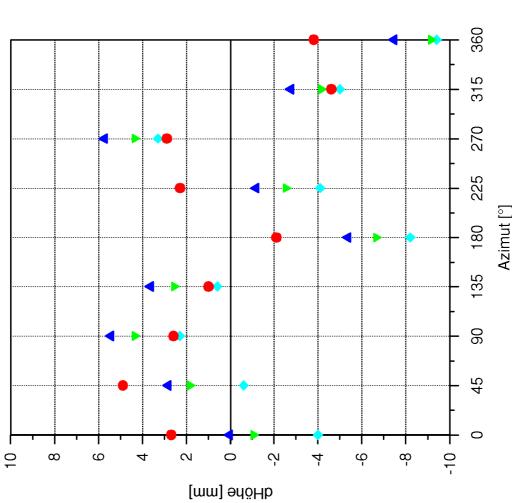






off rel NGS





9 RT-Datensätze (90 sec) mit veränderter Rover-Orientierung (je 45 deg)

© 2000 Geo++® GmbH



Verifikation azimutale PCV mit RTK-Test (15°)

ဖ

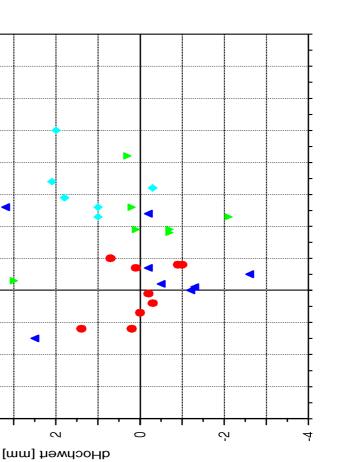
 \sim





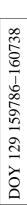
- el rel NGS
 - off rel NGS

Maßstab 10:1



DOY 129 159786-160738

Verifikation azimutale PCV mit RTK-Test (15°)



10

ω

9

4

 α







Ņ

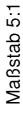
0

dHöhe [mm]

φ

4

φ





GPS-Antennenworkshop 2000, 10. Mai, Hannover

© 2000 Geo++® GmbH



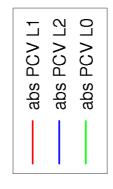
Absolute Kalibrierung der Internationalen Referenzantenne

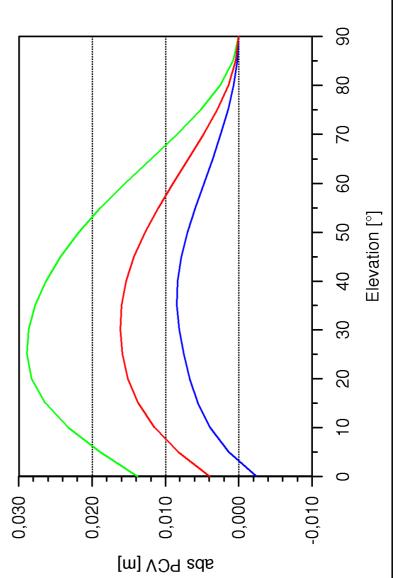
- Dorne Margolin T Referenzantenne für relative Kalibrierungen
- Höhen-Offsets auf nominelle Werte festgesetzt,
 PCV zu null gesetzt
- systematischer Fehler aufgrund Verfügung für Referenzantenne
- zusätzliche konstellationsabhängige Fehler
- verbleibender PCV entspricht absoluten PCV umgerechnet auf festgesetzte Werte
- Bereitstellung absoluter PCV der Dorne Margolin T in Kürze



Dorne Margolin T

Absolute PCV bezogen auf IGS-Offset ("systematischer Antennenfehler im IGS")





GPS-Antennenworkshop 2000, 10. Mai, Hannover

© 2000 Geo++® GmbH



Empfehlungen

- individuelle Kalibrierungen → Offsets,
 Unterschiede in Bauserien
 - für Netzbetreiber notwendig
 - für Rover-Systeme zu empfehlen
- strenge Korrektur von PCV durch absolute Antennenkalibrierungen→ Vermeidung systematische Fehler
 - Forderung Konsistenz und Qualität an Netzbetreiber
 - Entscheidung der Rover-Anwendung
- Berücksichtigung von azimutalen PCV→ Vermeidung systematische Fehler
 - für Netzbetreiber notwendig
 - für Rover-Systeme azimutale Typkalibrierung oder individuell für hohe Genauigkeitsanforderungen



Zusammenfassung

- Absolute Echtzeit Kalibrierung von GNSS– Antennen operationelles und zuverlässiges Verfahren
- signifikante Bestimmung von azimutabhängigen PCV möglich
- Verifikation systematischer Effekte absoluter PCV und Azimutabhängigkeit der PCV auf Koordinatenbestimmung (Netzbetreiber, RTK– Rover)