

# Wiederholte Kalibrierung von GPS-RTK-Ausrüstungen

*A. Knöpfler und M. Mayer*  
Geodätisches Institut, Universität Karlsruhe (TH)

## Einleitung

Werden GNSS-RTK-Ausrüstungen für hoheitliche Vermessungen (z. B. Kataster) eingesetzt, so ist in Baden-Württemberg regelmäßig deren korrekte Funktionsweise nachzuweisen; dies kann beispielsweise durch Antennenkalibrierungen geschehen. Deshalb wurden drei Ausrüstungen (Antennentyp: LEIAT502, Aero element L1/L2, External) der lokalen Vermessungsbehörde „Stadt Mannheim - Fachbereich Geoinformation und Vermessung“ im Abstand von jeweils ca. einem Jahr insgesamt dreimal auf dem Messdach des Geodätischen Institutes der Universität Karlsruhe (GIK) mehrmals (Gesamtanzahl der Kalibrierungen: 18) kalibriert. Die Zeitfenster waren DOY2006:347-349, DOY2008:008-010 und DOY2008:350-352. Mittels dieser Kalibrierungen können neben der wiederkehrenden Funktionsprüfung auch Aussagen bezüglich der Stabilität des Antennenphasenzentrums sowie der Qualität des GIK-Antennentestfelds getroffen werden.

## Antennentestfeld



EPN-Station KARL, Referenzantenne



Kalibrierpfeiler

Das Empfangsverhalten von GNSS-Antennen hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab. Im Speziellen sind hierbei aktuell stationsspezifische Einflüsse und atmosphärische Faktoren von besonderem Interesse. Bei nicht umfassender Modellierung oder nicht vollständiger Elimination dieser Einflussfaktoren im Rahmen von Kalibrierverfahren für GNSS-Antennen ergeben sich ungenaue bzw. fehlerhafte Korrekturwerte. Deshalb wird am GIK ein Kalibrierverfahren zur Anwendung gebracht, welches sich durch eine hohe Robustheit gegenüber diesen Einflussfaktoren auszeichnet. Die ermittelten Resultate geben zudem einen guten Einblick in die Bandbreite der Streuung der Kalibrierergebnisse, so dass ebenso Rückschlüsse auf das variable Empfangsverhalten der GNSS-Antennen sowie auf die Gültigkeit von Korrekturwerten in unterschiedlichen Umgebungen gezogen werden können.

Zur Anwendung kommt ein relatives Feldverfahren. Die Referenz stellt dabei die Referenzstation KARL (EPN-Station, GNSS-Receiver: JPS LEGACY, Antenne: TRM29659.00) dar. Für diese ca. 15 m von den Kalibrierpfeilern entfernte GNSS-Permanenzstation liegen individuelle absolute, von der Fa. Geo++ bestimmte Werte vor, die das Empfangsverhalten der Antenne hochgenau beschreiben. Somit können durch das angewandte relative Verfahren für jeden Prüfling individuelle absolute Kalibrierwerte bestimmt werden. Hierzu ist eine präzise Ermittlung der Höhendifferenz zwischen zu kalibrierender und Referenzantenne notwendig.



Messdach, Kalibrierfeld

Es werden pro Prüfling und Standort 24 Stunden Beobachtungsmaterial gesammelt und ausgewertet. Dabei wird der Prüfling unter Verwendung des am Geodätischen Institut der TU Dresden entwickelten Hard- und Software-Tools DRB pro Minute automatisch in vier unterschiedliche Richtungen (N-S-W-O) gedreht, wodurch für die gesamte Antennenhemisphäre Korrekturwerte bestimmt werden können. Für jede Antennenausrichtung liegen somit Rohdaten mit einer Rate von 60 s vor, die unter Anderem mit Wasoft/Kalib ausgewertet werden. Es werden pro Prüfling zwei - im Rahmen von umfangreichen Voruntersuchungen festgelegte - Standorte (Pfeiler: NPF2 und HPF2, Messdach GIK) verwendet, um die Bandbreite der Streuung der Kalibrierergebnisse ermitteln und - unter der Annahme von lagestabilen Phasenzentren - ein äußeres Genauigkeitsmaß für das GIK-Verfahren angeben zu können.

## Ergebnisse

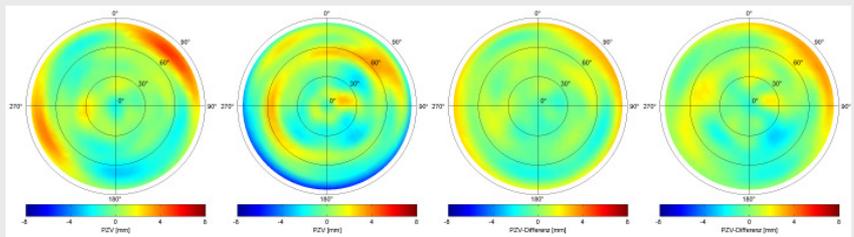
	Grundgesamtheit	Pfeiler HPF2	Pfeiler NPF2
northing	0,38	0,42	0,33
o L1 [mm] easting	0,23	0,25	0,22
up	0,88	1,09	0,65
o L2 [mm] easting	1,11	1,17	1,12
up	0,39	0,35	0,43
up	1,69	2,04	1,27

**Standardabweichungen der Phasenzentrumsoffset-Werte (PZO: northing, easting, up) von je 6 Kalibrierungen von 3 baugleichen Antennen im Untersuchungszeitraum 2006-2008.** Pfeiler NPF2 zeigt signifikant bessere Reproduzierbarkeit als Pfeiler HPF2. Ebenso können für L1 die PZO genauer als für L2 bestimmt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung belegen für das am GIK angewandte Kalibrierungsverfahren innere Wiederholbarkeiten von i.d.R. besser als 1 mm (2 mm) für die horizontalen Komponenten (Vertikalkomponente).

	SN 13558	SN 13567	SN 13584
northing	0,22	0,30	0,26
o L1 [mm] easting	0,10	0,31	0,11
up	0,59	0,82	1,11
northing	0,84	0,48	0,58
o L2 [mm] easting	0,38	0,39	0,31
up	1,45	1,08	1,17

**Standardabweichungen der Phasenzentrumsoffset-Werte (PZO: northing, easting, up) von je 6 Kalibrierungen von 3 baugleichen Antennen (SN: 13558, 13567, 13584) im Untersuchungszeitraum 2006-2008.** Für L1 können die PZO genauer als für L2 bestimmt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung belegen für das am GIK angewandte Kalibrierungsverfahren innere Wiederholbarkeiten von besser als 1 mm (2 mm) für die Lagekomponenten (Vertikalkomponente). Des Weiteren belegen diese Genauigkeitsmaße, dass für das Phasenzentrum der untersuchten Antennen von Lagestabilität ausgegangen werden kann und dass das GIK-Antennentestfeld zur Überprüfung von GNSS-Empfangsantennen eingesetzt werden kann, obwohl die am GIK bestimmten PZO der Vertikalkomponente der untersuchten Antennen signifikant von den Werten des International GNSS Service abweichen, während die absoluten Lage-PZO maximale Unterschiede von 1,1 mm aufweisen.

	GIK	IGS
L1 [mm] northing	-0,19	0,90
easting	0,81	1,54
up	52,38	43,04
L2 [mm] northing	-2,18	-1,50
easting	1,38	1,18
up	50,96	57,46



**GIK-Typmittel-bezogene Phasenzentrumsvariationen ausgewählter Einzelkalibrierungen.** Oben (Unten) links sind die worst case (standard case) Phasenzentrumsvariationen für beide Frequenzen L1/L2 der Antenne SN 13584 (SN 13567) des Tages DOY2008:009 (DOY2006:349) bezogen auf mittlere GIK-PZO-Werte dargestellt. Oben (Unten) rechts sind für worst case (standard case) Beispiele die Differenzen der Phasenzentrumsvariationen zum mittleren GIK-Antennentypmodell für die Frequenzen L1/L2 der Antenne SN 13584 (SN 13567) des Tages DOY2008:009 (DOY2006:349) dargestellt. Große Abweichungen treten insbesondere in Horizontnähe in NO- und SW-Richtung auf. Dies deutet auf Restmehrweg- oder Nahfeldeffekte hin, die auf die Signale einwirken, die aus den genannten Richtungen ins Phasenzentrum der Antennen einfallen.

