



# Kalibrierung von GNSS-Antennen in NRW

Stand: 10/2018

Die Bezirksregierung Köln, Geobasis NRW kalibriert GNSS-Antennen für Mitgliedsverwaltungen der AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland).

## 1 Kalibrierung in der AMK

Ziel der Kalibrierung einer GNSS-Antenne (GNSS = Globale Navigationssatellitensysteme) ist es, genaue Kenntnisse über deren Empfangseigenschaften zu erhalten.

Die Antennenmesskammer (AMK) in Bonn ist weltweit die einzige, fest installierte Kammer-Kalibriereinrichtung für GNSS-Antennen. Mithilfe der AMK werden für GNSS-Antennen absolute Offsets des Phasenzentrums (PCO) in Lage und Höhe sowie deren elevations- und azimutabhängige Variationen des Phasenzentrums (PCV) aller GNSS-Frequenzen (GPS, GLONASS, Galileo, BDS, SBAS, QZSS und IRNSS) als Korrekturparameter bestimmt.

Die AMK beim Institut für Geodäsie und Geoinformation (IGG) der Universität Bonn umfasst eine ortsfeste Sendeantenne, den computergesteuerten Antennendrehstand und die zugehörige Mess- und Auswertetechnik. Mehrwegeeinflüsse sind weitestgehend eliminiert. Dazu wurde die gesamte AMK mit Pyramidenabsorbern aus mit Graphit getränktem Polyurethanschaum verkleidet, die die auf die Hallenwände auftretende Energie in Wärme umwandeln. Die Pyramidenform dämpft zusätzlich die Energie der auftreffenden Wellen durch Mehrfachreflexionen innerhalb des Absorbers.

Mithilfe der Sendeantenne wird ein künstlich erzeugtes Testsignal ausgestrahlt, das die Frequenzen der verschiedenen Navigationssatellitensysteme im Bereich von 1,15 GHz bis 1,65 GHz simuliert. Die auf dem Drehstand montierte, zu kalibrierende Antenne empfängt diese Signale. Die unterschiedlichen Einstrahlrichtungen des



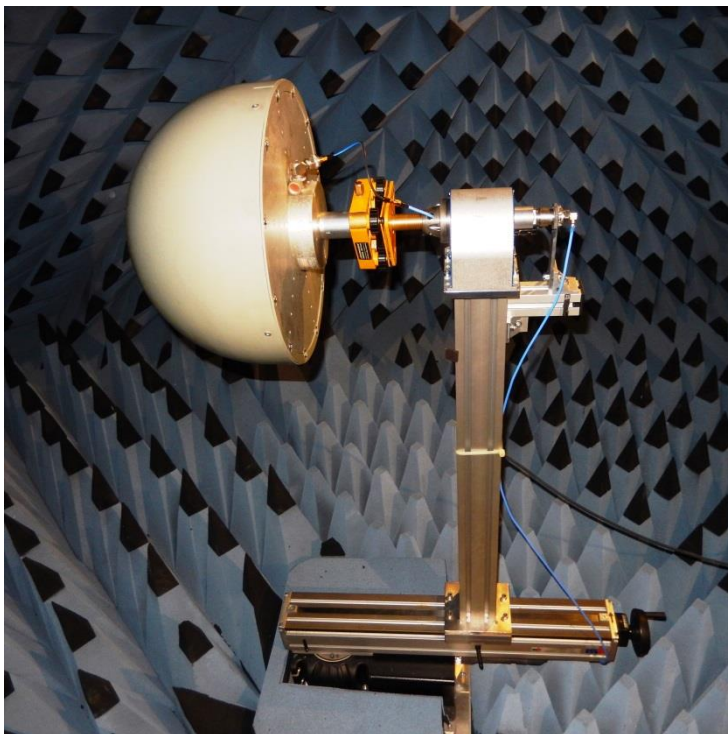
Satellitensignals werden durch Drehung der zu prüfenden Antenne und des Drehstandes realisiert.

Die Messprozedur für eine Kalibrierung sämtlicher Frequenzen der aktuellen und zukünftigen Globalen Navigationssatellitensysteme dauert für eine GNSS-Antenne etwa 90 Minuten.

Beim Aufbau der Antenne wird darauf geachtet, dass die Kalibriermontage mit der späteren Antennenmontage vor Ort soweit wie möglich übereinstimmt.

Das Ergebnis der Kalibrierung ist eine ANTEX-Datei mit PCO für die gewünschten Frequenzen und PCV für Elevation und Azimut in 5° Schritten. Diese individuellen Korrekturparameter beziehen sich nur auf die kalibrierte Antenne und den bei der Kalibrierung verwendeten Aufbau.

Antennen mit integriertem Empfänger können aus technischen Gründen nicht in der AMK kalibriert werden.



GNSS-Antenne auf dem Drehstand beim IGG.



## 2 Antennenkalibrierung – wozu?

Werden bei GNSS-Messungen unterschiedliche Antennentypen gleichzeitig eingesetzt und sollen Positionsgenauigkeiten im Zentimeterbereich erzielt werden, muss der Einfluss aller beteiligten GNSS-Antennen berücksichtigt werden.

Für die Antennen der nordrhein-westfälischen SAPOS®-Referenzstationen werden die in der AMK individuell ermittelten Kalibrierparameter verwendet und im ANTEX-Format im Internet bereitgestellt.

Sie können für die nachträgliche Auswertung von registrierten SAPOS®-GPPS-Nutzern kostenfrei vom Webdienst des SAPOS® NRW und ohne Anmeldung im Open Data-Portal des Landes NRW heruntergeladen werden.

In den SAPOS® Echtzeitdiensten sind die individuellen Antennenparameter der Referenzstationsantennen bereits in den Korrekturwerten des RTCM-Datenstroms berücksichtigt. Der SAPOS®-HEPS-Nutzer muss lediglich vor dem Start der Messung aus dem Konfigurationsmenü seines Rovers die eigene Antenne auswählen, damit bei der weiteren Berechnung im Rover deren Antennenparameter berücksichtigt werden.

## 3 Historie der Antennenkalibrierung in Nordrhein-Westfalen

In den Jahren **1998 und 1999** werden erstmals die GPS-Antennen des damaligen Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen (LVermA NRW) durch das Geodätische Institut der Universität Bonn (GIUB, heute IGG) kalibriert. Die Messungen werden dort mit der Berner GPS-Software ausgewertet. Für die Antennen des LVermA NRW werden Kalibrierwerte relativ zu einer Trimble Choke-Ring-Antenne mit Dorne-Margolin-Antennenelement **ohne** Wetterschutzhaube mit vorgegebenen IGS-Werten (International GNSS Service) ermittelt.

Ab **Dezember 2000** werden vom LVermA NRW die GPS-Antennen der nordrhein-westfälischen SAPOS®-Referenzstationen im relativen Feldverfahren ohne Sollkoordinaten kalibriert. Auf einem fest montierten Stahlträger wird mit einer



Referenzantenne und der zu kalibrierenden Antenne (Prüfling) eine Basislinie von ca. 4 Metern gemessen. Als Referenzantenne wird die oben genannte Antenne **mit** Wetterschutzhaube eingesetzt. Um höchste Genauigkeiten für die Basislinienkomponenten zu erreichen, sind Messzeiten von 4 x 24 Stunden notwendig. Dabei wird der Prüfling in seiner horizontalen Lage alle 24 Stunden um 90° gedreht. Die Berechnung der Kalibrierwerte erfolgt mit dem Programm WaSoft/Kalib 2.0 von Dr. Lambert Wanninger.



Stahlträger mit Referenzantenne (links) und Prüfling (rechts) beim LVermA NRW.

Im Jahre **2002** wird diese Referenzantenne durch die Firma Geo++ in Garbsen in einem Absolutverfahren kalibriert. Damit liegen für die Referenzantenne Kalibrierwerte (PCO und PCV) auf Relativ- und Absolut-Niveau vor.

Im **Februar 2009** wird die Bonner Antennenmesskammer (AMK) bei Geobasis NRW zur Laborkalibrierung von GNSS-Antennen in Betrieb genommen.

Sie wird durch das Institut für Geodäsie und Geoinformation (IGG) der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn entwickelt und in einer Kooperation mit Geobasis NRW in Bonn realisiert.

Die AMK umfasst eine ortsfeste Sendeantenne (1,15 bis 1,65 GHz), den computergesteuerten Antennendrehstand und die zugehörige Mess- und Auswertetechnik. Um Mehrwegeeinflüsse weitestgehend zu eliminieren, wird die



gesamte AMK mit Pyramidenabsorbern verkleidet. Eine weitergehende Beschreibung findet sich bei Zeimetz (2010) und den unten aufgeführten Internetseiten der Universität Bonn.

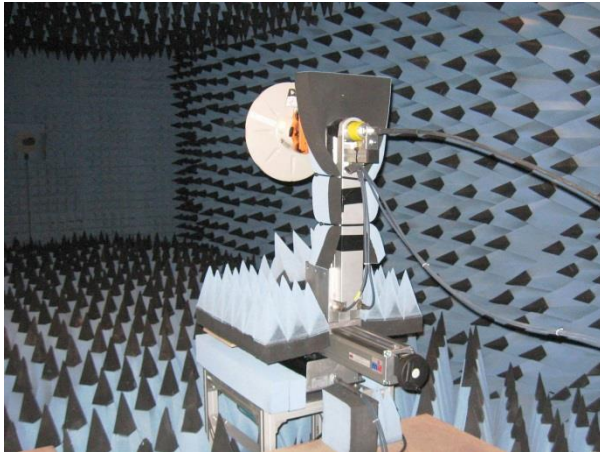
Erste Ergebnisse können auf dem Antennenworkshop der TU Dresden im März 2009 durch das IGG präsentiert werden. In einem Ringversuch der Hochschulen Bonn, Hannover und Dresden wird die Eignung des Kalibrierverfahrens in der AMK gegenüber den bekannten Ansätzen der absoluten Roboter- bzw. der relativen Feldkalibrierung nachgewiesen.

Vorteile der AMK sind:

- Unabhängigkeit vom Ausbauzustand der Satellitensysteme, da die Frequenzen innerhalb des für Navigationssatelliten zur Verfügung stehenden Frequenzbandes frei wählbar sind.
- Änderungen und neue Frequenzen bei den Navigationssatelliten können durch eine nochmalige Auswertung der Messungen berücksichtigt werden. Eine erneute Kalibrierung in der AMK ist nicht notwendig.
- Sehr kurze Kalibrierzeiten (etwa 90 Minuten pro Antenne).
- Kalibrierung unabhängig vom Wetter unter den stets gleichen Bedingungen.

Ab **Januar 2014** werden für GNSS-Antennen die Kalibrierparameter der bestehenden und der zukünftigen Satellitensysteme (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou/BDS, SBAS und QZSS) bereitgestellt.

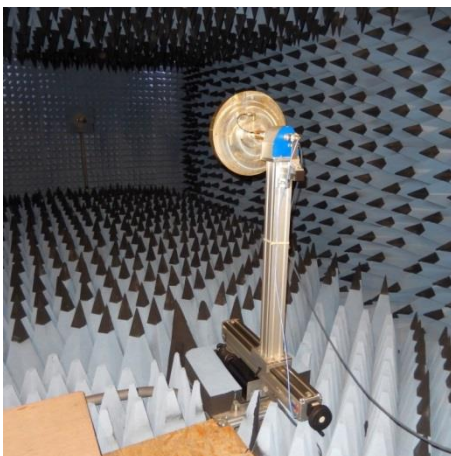
In der Zeit von **Juli bis November 2014** wird vom IGG ein verbesserter Drehstand mit optimierter Kabelzuführung eingerichtet.



GNSS-Antenne auf dem Drehstand in der AMK bei der Bezirksregierung Köln.

Im **August 2016** werden die Messtechnik, der Antennendrehstand und die Absorberelemente der AMK in Bad Godesberg bei der Bezirksregierung Köln abgebaut und der Umzug in die neu gebaute AMK beim Institut für Geodäsie und Geoinformation (IGG) der Universität Bonn durchgeführt. Die Antennenmesskammer beim IGG entspricht in ihren Abmessungen der AMK bei der Bezirksregierung Köln.

Im **Januar 2017** werden erste Testmessungen in der neuen AMK beim IGG vorgenommen und im **März 2017** mit neuem Drehstand und erneuerter Messtechnik ausgestattet.



GNSS-Antenne auf dem Drehstand in der AMK beim IGG.



Im **Oktober 2017** wird nach umfangreichen Test- und Vergleichsmessungen die neue AMK beim IGG offiziell in Betrieb genommen und genutzt.

Im **November 2017** werden für die Auswertung die Frequenzen an RINEX V 3.03 angepasst, inklusive der Erweiterung um das indische IRNSS Satellitensystem.

#### 4 Quellen:

Weiterführende Literatur:

Spata, M.; Galitzki, B.; Strauch, K.; Zacharias, H. (2006): GPS-Antennenkalibrierungen beim Landesvermessungsamt NRW – Konzept und erste Erfahrungen. In: NÖV NRW 2/2006, S. 62-77.

[https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/geobasis/raumbezug/kalibrierung/gnss\\_antennen/gps\\_antennenkalibrierung.pdf](https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/raumbezug/kalibrierung/gnss_antennen/gps_antennenkalibrierung.pdf)

Zeimetz, P. (2010): Zur Entwicklung und Bewertung der absoluten GNSS-Antennenkalibrierung im HF-Labor, Dissertation Universität Bonn.

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:5N-22122>

Zeimetz, P.; Becker, M.; Kuhlmann, H.; Schön, S.; Wanninger, L. (2011): Berücksichtigung von Antennenkorrekturen bei GNSS-Anwendungen,. In: DVW-Merkblatt 1-2011.

[http://www.dvw.de/sites/default/files/merkblatt/daten/2012/01\\_DVW-Merkblatt\\_Antennenkalibrierung\\_09\\_09\\_2011.pdf](http://www.dvw.de/sites/default/files/merkblatt/daten/2012/01_DVW-Merkblatt_Antennenkalibrierung_09_09_2011.pdf)



Internet:

SAPOS-NRW-Webdienste -> Login -> Antennen

<http://www.sapos.nrw.de>

OpenGeodata.NRW – Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service ->  
Antennenkalibrierdaten.zip

[https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/raum/sapos/gpps\\_rinex/](https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/raum/sapos/gpps_rinex/)

International GNSS Service (IGS), ANTEX format description

<ftp://igs.org/pub/station/general/antex14.txt>

International GNSS Service (IGS), Antenna Working Group

<https://kb.igs.org/hc/en-us/categories/200150556-Antenna-Working-Group>

International GNSS Service (IGS), RINEX Working Group

<ftp://igs.org/pub/data/format/rinex211.txt>

<ftp://igs.org/pub/data/format/rinex302.pdf>

[ftp://igs.org/pub/data/format/rinex303\\_update1.pdf](ftp://igs.org/pub/data/format/rinex303_update1.pdf)

National Geodetic Survey - Antenna Calibrations

<https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>

Universität Bonn - Antennenmesskammer Bonn – Absolute GNSS-  
Antennenkalibrierung am IGG

<https://www.gib.uni-bonn.de/research/antennenmesskammer>

Universität Bonn – Kalibrierung von GPS-Antennen im HF-Labor

<https://www.gib.uni-bonn.de/research/kalibrierung-gps>

WaSoft.de – CCANTEX Version 2.2, Wa2Ant Version 1.2

<http://wasoft.de/e/kalib/prog/>





Satellitensysteme:

<i>G</i> =GPS	Global Positioning System – Vereinigte Staaten von Amerika
<i>R</i> =GLONASS	Globalnaja nawigazionnaja sputnikowaja sistema – Russische Föderation
<i>E</i> =Galileo	Globales Satellitennavigationssystem der Europäischen Union
<i>C</i> =BDS	BeiDou Navigation Satellite System – Volksrepublik China
<i>S</i> =SBAS	Satellite-based augmentation system – verschiedene Länder und ergänzende Systeme
<i>J</i> =QZSS	Quasi-Zenith Satellite System – Japan
<i>I</i> =IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System – Republik Indien