

# Behandlung von GNSS-Antennen in der SAPOS<sup>®</sup>-Vernetzungsumgebung

## Warum müssen Antennen besonders beachtet werden?

Für das Erreichen einer geodätisch präzisen Positionierung in der SAPOS<sup>®</sup>-Umgebung ist eine intensive Auseinandersetzung mit der Antennenproblematik auf Provider- und Nutzerseite erforderlich. Ebenso sind bei den einzelnen Servicebereichen unterschiedliche Vorgehensweisen zu beachten. Bevor jedoch die antennenspezifischen Details eingehend beschrieben werden, soll auf häufige Fehlerquellen bei satellitengestützten Vermessungsverfahren aufmerksam gemacht werden. Die häufigste Fehlerquelle ist die Bestimmung der Antennenhöhe und die Zentriergenauigkeit.

## Antennenhöhe und Zentriergenauigkeit

Die Genauigkeit der Zentrierung und die Messung der Antennenhöhe über dem zu bestimmenden Punkt ist entscheidend für die Genauigkeit der gesamten Messung. Beispiel Lotstock (2 m): Ein ungenaues Einspielen der Dosenlibelle um eine halbe Libellenblase verursacht einen Zentrierfehler von knapp 1 cm! Eine korrekte Messung und Dokumentation der Antennenhöhe ist von elementarer Wichtigkeit. Eine fehlerhafte oder ungenau dokumentierte Antennenmessung ist der ärgerlichste und unnötigste Fehler bei GNSS-Messungen. Sie verursachen Fehler, die i.d.R. nicht mehr korrigiert werden können, da sie nicht mehr nachvollziehbar sind. Aus diesem Grund sollen mindestens zwei unabhängige Messungen durchgeführt werden (vor und nach der GNSS-Beobachtung). Außerdem empfiehlt es sich evtl. Teilmessungen einzeln zu notieren. Ebenso sollte vermerkt werden ob die Antennenhöhe schräg oder vertikal gemessen wurde. Die Bezugspunkte der Antennenhöhen sind eindeutig zu benennen und es ist zu dokumentieren bis zu welchem Punkt an der Antenne gemessen wurde.

## Antennenausrichtung

Die Ausrichtung der GNSS-Antenne soll, zumindest bei statischen Messungen, nach Norden erfolgen. Dies wird bei den meisten Antennen i.d.R. durch Ausrichtung des Schraubgewindes für das Antennenkabel nach Norden ermöglicht. Die Kalibrierdaten der Antenne sind auf die Nordrichtung bezogen. Da einzelne Hersteller abweichende Bezugspunkte haben, sollten Sie die Lage der nach Norden auszurichtenden Markierung Ihrer Antenne bei Ihrem Hersteller erfragen.

## Mehrwegeffekt (Multipath effect)

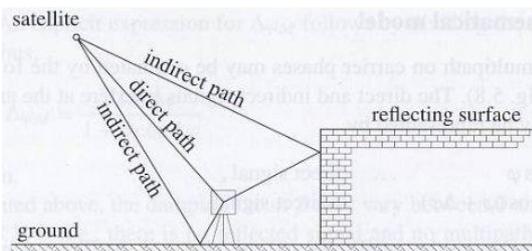


Abbildung 1:  
Mehrwegeffekt (Quelle: Hofmann-Wellenhof et al 2008)

Die Skizze (Abbildung 1) verdeutlicht die Problematik des Mehrweg-Effekts und zeigt, wie dieser die Genauigkeit der Punktbestimmung negativ beeinflusst. Die Reflektion von Satellitensignalen an Objekten der Umgebung führt dazu, dass die Signale einen längeren Messweg zurücklegen und nicht nur auf dem kürzesten Weg ins Zentrum der Antenne gelangen. Das führt zu Messungsfehlern.

#### Abhilfe:

Vermeidung von glatten Wandflächen und Metallgegenständen (z. B. Messfahrzeug!)  
Objekte bis ca. 50m verursachen Störungen! Achten Sie z. B. auf Solarpanels, große Glasflächen, Baugerüste, hohe Metallzäune o. ä.

### **Antennenparameter (PCO und PCV)**

Bei elektrooptischen Vermessungsinstrumenten ist es schon lange selbstverständlich, Korrekturen in Form von Additions- und Multiplikationskonstanten anzubringen. Analog ist auch bei GNSS-Antennen erforderlich - wenn auch nicht direkt damit vergleichbar - Korrekturdaten (Antennenparameter), zu berücksichtigen. Grundsätzlich wird bei den Antennenparametern zwischen dem

**Phase Center Offset = PCO**; (deutsch: Phasenzentrums-Offset) und den

**Phase Center Variations = PCV** (Phasenzentrums-Variationen) unterschieden.

Die Bestimmung der Antennenparameter erfolgt durch eine Kalibrierung.

### **ARP Antennen-Referenzpunkt**

Der ARP ist ein mechanischer Bezugspunkt der GPS-Antenne. Auf ihn werden alle äußeren Zentrierelemente (Antennenhöhe etc.) bezogen. Der ARP befindet sich immer an dem tiefsten Punkt des Antennenkörpers in der Mitte der Zentrierachse (Mitte des untersten Schraubgewindes).

### **APC Antennen-Phasenzentrum (Antenna Phase Center)**

Die GNSS-Phasenmessungen beziehen sich auf das elektronische Phasenzentrum (APC) (Abbildung 2). Das APC ist aufgrund der elektromagnetischen Eigenschaften der Antennenbauteile (Kreuzdipol, Microstrip etc.) variabel. Die Lage des APC ist abhängig von der

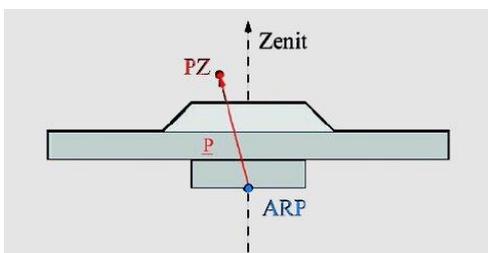


Abbildung 2: APC / ARP / Phasenzentrum (Quelle: Görres 2009)

Einstrahlrichtung und der Frequenz der Satellitensignale. Man unterscheidet daher getrennt nach den Frequenzen (L1, L2) jeweils zwischen Elevations- und Azimutabhängigkeit. Als mittleres APC bezeichnet man den Mittelpunkt einer ausgleichenden Halbkugel über allen empfangenen Richtungen. Die GNSS-Rover- und Stationsantennen sind passive Empfangsantennen und haben omnidirektionale Eigenschaften; d. h. sie arbeiten

richtungsunabhängig im Gegensatz zu den Antennen der GNSS-Satelliten, die als aktive Richtantennen ausgelegt sind.

**Kalibrierung:** absolut oder relativ

Nach bisherigem IGS-Standard werden die GNSS-Antennen relativ zu einer Referenzantenne kalibriert. Als Referenzantenne legt man eine Antenne des Typs Dorne Margolin T (AOAD/M\_T) fest, die dazu als fehlerfrei angenommen wird. Es werden nur elevationsabhängige PCV bestimmt (Abbildung 3).

Bei der *Absolutkalibrierung* werden die PCO und PCV unabhängig von einer Referenzantenne aus GNSS-Feldmessungen (z. B. mit einem Kalibrierroboter) bestimmt. Die PCV werden in Elevations- und Azimutabhängigkeit ausgewiesen (Abbildung 4).

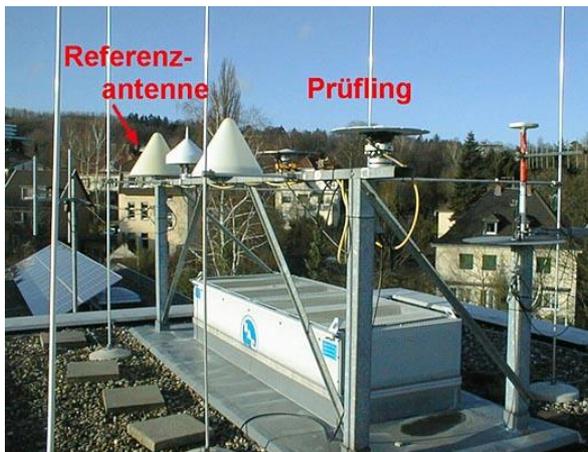


Abbildung 3: Relativkalibrierung (Quelle: eigene Fotografie)



Abbildung 4: Roboterkalibrierung (eig. Fotografie)

**PCO** Antennenoffset (**P**hasen **C**enter **O**ffset)

Der Antennenoffset ist der konstante Abstand vom ARP zum APC. Dieser Differenzvektor wird mit den ebenen Komponenten [North] und [East] (Abbildung 5), sowie mit einer vertikalen Komponente [Up] (Abbildung 6) angegeben.

Die Offset-Werte sind Bestandteil der Antennenparameter. Sie werden bei der Relativ- und bei der Absolut-Kalibrierung absolut bestimmt und in beiden Kalibrierungsarten jeweils addiert.

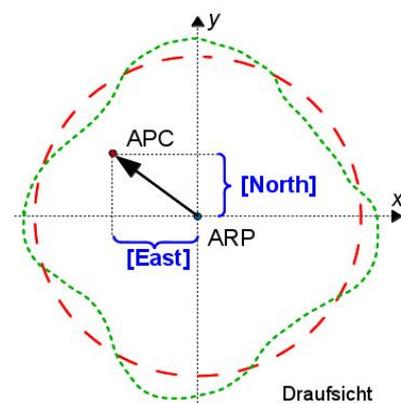
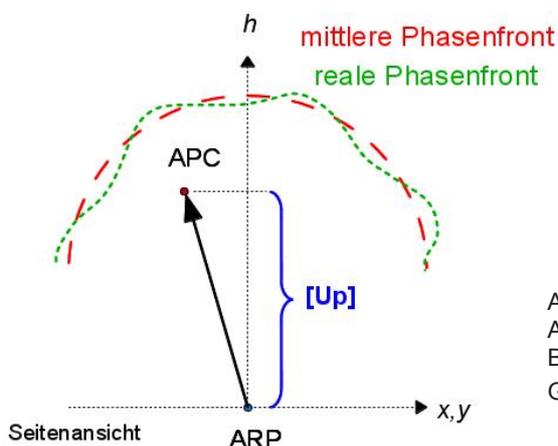


Abbildung 5 und 6: Antennenoffset-Beziehungen (Quelle: Görres 2009)

## PCV Phasen-Zentrumsvariationen (Phase Center Variations)

Die PCV werden getrennt für beide Trägerfrequenzen (L1, L2) ermittelt. Für die Relativ-Kalibrierung erfolgt nur eine Ermittlung in Abhängigkeit zur Elevation der eintreffenden Satellitensignale (siehe Abbildung 2 "reale Phasenfront"). Bei der Absolutkalibrierung werden die eintreffenden Satellitensignale zusätzlich zur Elevationsabhängigkeit in Abhängigkeit zum Azimut dargestellt (siehe Abbildung 3 "reale Phasenfront"). Die PCV-Werte sind Bestandteil der Antennenparameter.

### Antennenformate

Bedingt durch die zwei verschiedenen Kalibrierungsverfahren (relativ und absolut) und weiterer unterschiedlicher Definitionsansätze werden die Antennenparameter beim LVerMGeo RP in 8 verschiedenen Korrekturdateien vorgehalten. Die 5 gebräuchlichsten Korrekturdateien sind:

Dateityp	Kalibrierungsart	Format PCV-[Einheit]	PCV-Abhängigkeit
atx	absolut	ANTEX [mm]	Zenitdistanz / Azimut
rtx	relativ	ANTEX [mm]	Zenitdistanz / Azimut
ant	absolut	geo++ [m]	Elevation / Azimut
igs	absolut	IGS [mm]	Elevation
igr	relativ	IGS [mm]	Elevation

ANTEX-Format = ANTennen-EXchange-Format (Datei-Endungen: < \*.atx > für Absolut- und < \*.rtx > für Relativ-Kalibrierungen ). Im "ANTEX-Format" sind alle Werte in der Einheit [mm] angegeben.

### Vorzeichen und Dateiinhalte: IGS/NGS - Konvention

In einem vorangestellten Header werden in der ersten Zeile die Version des ANTEX-Formats und das benutzte Satellitensystem (G=GPS; R=GLONASS; E=Galileo) definiert. In der zweiten Zeile erfolgt die Angabe des Kalibrierungstyps "A" für = Absolut-; R = Relativ-Kalibrierung. Es folgen ab der mit "START OF ANTENNA" bezeichneten Zeile antennenspezifische Angaben (Typ-, Seriennummer-Bezeichnung etc.). Außerdem erfolgen Angaben über die Form der Antennenparameter, und zwar über die Schrittweite der Azimut- (DAZI) und Zenitdistanzwerte (DZEN) in der Regel jeweils 5°; den Bereich der Zenitdistanzwerte mit Start-Zenitdistanz (ZEN1) und End-Zenitdistanz (ZEN2). Die eigentliche Ausweisung der Antennenparameter erfolgt mit dem Aufruf "START OF FREQUENCY" getrennt nach Frequenzen (01 und 02). Es folgen mit dem Zeilenaufruf "NORTH / EAST / UP" die PCO-Werte und mit der Bezeichnung

"NOAZI" die PCV-Werte ohne Azimut-Abhängigkeit. Bei den PCV-Werten mit Azimutabhängigkeit wird dies durch die jeweils entsprechend vorangestellte Gradzahl kenntlich gemacht.

### **geo++ - Format** (Datei-Endung: < \*.ant >)

Im "geo++ - Format" sind alle Werte in der Einheit [m] angegeben. Vorzeichen sind im Gegensatz zum IGS/NGS-Format für PCO und PCV gleichgerichtet. Die Offsets des Phasenzentrums (=PCO) werden vom ARP ausgehend addiert. Deshalb werden die PCV ebenso zu den Strecken („Pseudorange“) addiert. Daraus definiert sich das Vorzeichen der PCV innerhalb der geo++-Antennendatei, die umgekehrt zum IGS/NGS ist. In einem Header werden Antennenangaben wie Typ, Seriennr., Setup, Datum der Kalibrierung etc. aufgelistet. Es folgt dann nochmals die Angabe des Antennentyps in der offiziellen IGS-Konvention (mit dem Unterschied, dass geo++ anstelle von Leerzeichen Unterstriche zwischen Antennenbezeichnung und Antennendome einfügt). Danach erfolgt die Angabe, ob es sich um eine Einfrequenz- oder um eine Zweifrequenz-Antenne handelt. In den nächsten jeweiligen 2 Zeilen werden die Offsets L1 und L2 (PCO) und die Schrittweite der PCV-Werte für die Elevation und den Azimut angegeben. Die Azimutwerte sind in Reihen beginnend mit 0 bis 360° und die Elevationswerte sind in Spalten von 0 bis 90° angeordnet.

Stand: Januar 2014