

Umrechnung des Niveaus von GPS Antennenkalibrierungen

Martin Schmitz, Gerhard Wübbena, Gerald Boettcher
*Geo++[®] Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und
navigatorische Technologien mbH*
D-30827 Garbsen, Germany
www.geopp.de

Garbsen, den 14. Dezember 2001

Einleitung

Geo++[®]/GeoService[®] führen seit einigen Jahren Automatisierte Absolute Feldkalibrierungen von GPS Antennen durch. Es besteht oftmals der Wunsch nach einer Umrechnung der bestimmten absoluten Phasenvariationen (PCV) im Geo++ Format in andere Formate und insbesondere auf relatives Niveau. Dies wird nur ungern und mit Hinweis auf die gravierenden Nachteile vorgenommen. Gleichzeitig bestehen Differenzen durch unterschiedliche Vorgehensweisen bei den Umrechnungen bis zu 0.6 mm. Im folgenden soll auf die Problematiken, die mit der Umrechnung verbunden sind, näher eingegangen werden.

Erhalt der Informationen

Eine Umformatierung in andere Formate ist nur dann sinnvoll, wenn die gesamte Information der absoluten Antennenkalibrierung, wie sie durch eine Automatisierte Absolute Feldkalibrierung bestimmt wird, erhalten bleibt. D. h. Offsets sowie elevations- und azimutabhängige PCV müssen darstellbar sein. Formate die dieses leisten gibt es z. Z. nur wenige (Geo++, Bernese Software).

Die allgemein verbreiteten Formate IGS/NGS erlauben keine azimutabhängigen PCV. Deshalb sind Umformatierungen oder Berechnung rein elevationsabhängiger PCV immer mit einem Informations- und Genauigkeitsverlust verbunden und sollten generell nur ausnahmsweise erfolgen. Man muss sich immer bewusst sein, dass ein Genauigkeitsverlust hiermit verbunden ist. Dieser kann abhängig vom Antennentyp, aber auch von der individuellen Antenne Werte im cm-Bereich annehmen.

Eine Umrechnung auf ein relatives Niveau ist z. Z. fast immer mit einem Format- und Darstellungswechsel auf rein elevationsabhängige PCV verbunden. Allein durch den Format- und Darstellungswechsel ergeben sich deutliche Genauigkeitsverluste.

Welches Niveau?

Es ist inzwischen international allgemein anerkannt, dass absolute PCV vorzuziehen sind um systematische Fehler bei der GPS-Auswertung zu vermeiden. Daher sollte ein Übergang vom absoluten auf relatives Niveau vermieden und eher der umgekehrte Fall angewendet werden. Nur in Ausnahmefällen sollte der andere Weg gewählt werden, da es der Auswerte-Software bzw. dem

Rover-System z. Z. nicht transparent ist, ob absolutes oder relatives Niveau vorliegt. Somit kann in der Regel immer auf absolutem Niveau gearbeitet werden.

Definitionsprobleme

Die Umrechnung der Niveaus leidet unter einer klaren Definition des relativen Niveaus. Der gegenwärtige Gebrauch relativer Kalibrierungswerte hat sich über längere Zeit eingebürgert.

Es kann die Referenzantenne AOAD/M_T mit den Offset-Werten des IGS/NGS als Definition aufgefasst werden. Demnach sind die Lage-Offsets Null und die Höhen-Offsets betragen für L1 0.110 m und L2 0.128 m. Es besteht jedoch keine explizite oder einheitliche Definition über die Kriterien für die Offsets. Der Höhen-Offset ist somit von geographischer Breite, Elevationsmaske, Auswerte-Software, Verfahren, Minimumsbedingung der PCV, etc. abhängig. Die Lage-Offsets können absolut oder relativ zur Referenzantenne aufgefasst werden. Generell werden durch relative und absolute Kalibrierungsverfahren absolute Lage-Offsets bestimmt. Das bedeutet, dass die Lage-Offsets einer Antenne nicht verändert werden sollten. Auf der anderen Seite, gibt es keine Aussage, ob es sich um absolute oder relative Lage-Offsets im IGS/NGS handelt. Anzunehmen ist, das absolute Lage-Offsets gemeint sind.

Definition und Realisierung

Eine absolute Bestimmung einer Referenzantenne AOAD/M_T stellt eine Realisierung der Referenzantenne dar (z.B. Geo++/IfE Absolutkalibrierung, IfE, Geo++® 2000). Hierbei sind alle Werte – Offsets und PCV – absolut. Die Korrekturen sind immer als Gesamtwert aus den beiden Teilen Offset und PCV zu verwenden. Eine Realisierung der Referenzantenne ist jedoch auch die beim NGS in den Kalibrierungen verwendete AOAD/M_T. Ein weiteres Problem ergibt sich beim NGS Verfahren durch die Tatsache, dass die Antennenprüflinge nicht gedreht werden, sondern die Offsets über Koordinatenvergleich bestimmt werden. Zunächst stellt aber die AOAD/M_T des NGS eine andere Realisierung dar.

Somit ergibt sich ein Problem bei der Umrechnung von Niveaus, welche Realisierung anzusetzen ist, welche Definitionen und insbesondere wie mit den Offsets zu verfahren ist.

Lage-Offset als Problem

Lage-Offsets stellen azimutale Variationen dar. D. h. in einem Vollmodell mit elevations- und azimutabhängigen PCV sind alle Anteile ineinander streng umzurechnen und zu berücksichtigen. In einem rein elevationsabhängigen Modell ist dies nicht möglich und es ist zu entscheiden, ob die absoluten Lage-Offsets erhalten bleiben sollen, oder die Definition/Realisierung der Referenzantenne weitestgehend (streng ist nicht möglich) angebracht werden soll.

Jenachdem, wird es geringfügig unterschiedliche Umrechnungen geben. Die Differenzen betragen bei der Verwendung der AOAD/M_T Bestimmung von Geo++/IfE maximal 0.0006 m für die Elevation 0 deg. Die Differenzen nehmen dann zum Zenit hin ab. Der maximale Effekt ergibt sich aus den maximalen Lage-Offsets.

Aus der Offset-Behandlung stammt die Differenz zwischen Nullantenne (IfE, Geo++® 2000) bzw. der oftmals verwendeten Prozedur zur Umrechnung von PCV Niveaus. Diese Unsicherheit ist bekannt und beruht auf der unterschiedlichen Behandlung des Lage-Offsets (Nord-Offset als azimutaler Anteil in die PCV hineingerechnet). Die Differenz ist aber aufgrund der oben beschriebenen Probleme nicht eindeutig aufzulösen und unkritisch im Vergleich zum allgemeinen Genauigkeitsverlust.

Bestimmung rein elevationsabhängiger Korrekturen

Die Berechnung von rein elevationsabhängigen PCV wird bei der Automatisierten Absoluten Feldkalibrierung durch eine strenge Ausgleichung unter Berücksichtigung der vollständigen Varianz-Kovarianzmatrix durchgeführt. Es wird keine einfache Mittelung der azimutalen Variationen benutzt, die auch abweichende Ergebnisse für Offsets und PCV liefern kann. Eine geeignete Minimumsbedingung für die PCV ist Voraussetzung, dass eine Mittelung zu vergleichbaren Ergebnissen kommt. Ebenso können Unterschiede bei der Bestimmung auf relativem oder absolutem Niveau geben.

Genauigkeitsverlust

Der Übergang von einem vollständigen PCV Modell auf rein elevationsabhängige PCV vernachlässigt die azimutalen Variationen. Bei einer individuellen Kalibrierung einer LEIAT503 ergeben sich nur durch die Vernachlässigung der azimutalen Variationen Differenzen von +/- 2mm für L1, +/- 1mm für L2 und +/- 4.5mm für L0. Die Tabelle 1 zeigt die Differenzen für 5 deg Elevationsschritte und hier jeweils die minimale und maximale Differenz für das ionosphärisch korrigierte Signal L0. Diese Größenordnung steht in keinem Verhältnis zu der Unsicherheit der Umrechnung.

f	e1	Min	Max	[m]
L0	00	-0.00562	0.00366	
L0	05	-0.00483	0.00409	
L0	10	-0.00477	0.00445	
L0	15	-0.00460	0.00460	
L0	20	-0.00402	0.00440	
L0	25	-0.00345	0.00420	
L0	30	-0.00330	0.00394	
L0	35	-0.00316	0.00348	
L0	40	-0.00284	0.00275	
L0	45	-0.00233	0.00228	
L0	50	-0.00179	0.00219	
L0	55	-0.00184	0.00203	
L0	60	-0.00177	0.00174	
L0	65	-0.00149	0.00137	
L0	70	-0.00104	0.00090	
L0	75	-0.00056	0.00046	
L0	80	-0.00023	0.00022	
L0	85	-0.00014	0.00011	
L0	90	0.00000	0.00000	
normal	end	antdpcv		

Tabelle 1: Minimale und maximale Differenzen zwischen Elevation- und elevations/Azimut -PCV Modell, individuelle LEIAT503

Ausblick

Das absolute Niveau für die Korrektur von GPS-Antennen-PCV wird zunehmend angewendet. Es besteht jedoch auch die Notwendigkeit neuer Definitionen und Formate um absolutes und relatives Niveau und deren Umrechnung zumindest für eine Übergangszeit zu ermöglichen. Das IGS erarbeitet gegenwärtig ein neues Format durch das viele hier angesprochene Probleme entfallen werden. Trotzdem sollte bereits jetzt vorzugsweise mit dem absoluten Niveau und dem vollständigen Korrekturmodell gearbeitet werden um Genauigkeitseinbußen zu vermeiden.

Fazit

Festzuhalten ist, dass es keine einheitliche oder theoretisch eindeutige Strategie zur Umrechnung gibt, wenn rein elevationsabhängige PCV involviert sind. Beispielsweise wird beim NGS die Umrechnung der Niveaus mit der AOAD/M_T aus der Geo++/IfE Kalibrierung durchgeführt, indem sowohl Offset-Differenz als auch PCV angebracht werden. Dies mag für die Veränderung der Lage-Offsets bei einem Typmittel eine untergeordnete Rolle spielen.

Festzuhalten ist auch, dass die Umrechnungen nicht streng und mit erheblichen Genauigkeitsverlusten verbunden ist.

Gleichzeitig machen die angesprochenen Problematiken auch deutlich, dass Antennenkorrekturparameter immer als ein Wert zusammengesetzt aus Offset- und PCV-Teil betrachtet werden müssen. Insbesondere ausschließliche Vergleiche der Offsets führen bei den bestehenden Definitionsproblemen bei Lage- und Höhen-Offset zu falschen Interpretationen.

Eine GPS-Auswertung ist nach heutigem Stand der Technik mit absoluten PCV und vollständigen Korrekturen (elevations- und azimutabhängige PCV) durchzuführen. Alle anderen Vorgehensweisen verursachen Genauigkeitseinbußen, die bei vorhandenen vollständigen Kalibrierungsdaten einfach zu vermeiden sind.

Referenzen

- IfE, Geo++[®] (2000): *AOAD/M_T Choke Ring Antenna Absolute Phase Center Variations, Results of Absolute PCV Field Calibrations at IfE and Geo++[®]*. Internet Publication compiled by F. Menge and M. Schmitz, world wide web (WWW): http://www.ife.uni-hannover.de/~web/AOA_DM_T.
- Menge, F., V. Böder, G. Seeber, G. Wübbena, M. Schmitz (2001). Absolutkalibrierung: Aktueller Stand und spezielle Anwendungen. 3. GPS-Antennen-Workshop 2001, Geodätisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Mai 11, 2001.
- Menge, F., G. Seeber, C. Völksen, G. Wübbena, M. Schmitz (1998): *Results of Absolute Field Calibration of GPS Antenna PCV*. Proceedings of the 11th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS-98, Nashville, Tennessee, USA, September 15-18, 1998.
- Seeber, G., F. Menge, C. Völksen, G. Wübbena, M. Schmitz (1998). *Precise GPS Positioning Improvements by Reducing Antenna and Site Dependent Effects*. In: Brunner (Ed.). *Advances in Positioning and Reference Frames*, IAG Symposia, Vol. 118, Rio de Janeiro, Brasil, September 3-9, 1997, Springer Verlag.
- Wübbena, G., F. Menge, M. Schmitz, G. Seeber, C. Völksen (1996). A New Approach for Field Calibration of Absolute Antenna Phase Center Variations. Proceedings *International Technical Meeting, ION GPS-96*, Kansas City, Missouri, 1205-1214.
- Wübbena, G., M. Schmitz, G. Boettcher, F. Menge, V. Böder, G. Seeber (2001). Absolutkalibrierung: Anforderungen, Aktuelle Absolute Ergebnisse, Anwendungen und Vergleiche. 3. GPS-Antennen-Workshop 2001, Geodätisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Mai 11, 2001.
- Wübbena, G., M. Schmitz, F. Menge, G. Seeber, C. Völksen (1997). *A New Approach for Field Calibration of Absolute GPS Antenna Phase Center Variations*. NAVIGATION: Journal of The Institut of Navigation, Vol. 44, No. 2, Summer 1997, USA.
- Wübbena, G., M. Schmitz, F. Menge, V. Böder, G. Seeber (2000). Automated Absolute Field Calibration of GPS Antennas in Real-Time. Proceedings *International Technical Meeting, ION GPS-00*, Salt Lake City, Utah.