

Menge, Falko:

Zur Kalibrierung der Phasenzentrumsvariationen von GPS-Antennen für die hochpräzisen Positionsbestimmung

Die erheblichen Genauigkeitssteigerungen im Bereich der hochpräzisen Positionsbestimmung mit Trägerphasenbeobachtungen des Global Positioning Systems (GPS), speziell der entfernungsabhängigen Fehleranteile, haben eine Fokussierung auf die stationsabhängigen Effekte notwendig gemacht. Vor allem für zuverlässige Genauigkeiten im Millimeter-Bereich bei Kurzzeitanwendungen ist die Bestimmung dieser systematischen Fehleranteile unerlässlich. Neben Fehlern durch die Mehrwegeausbreitung sind die Phasenzentrumsvariationen der Antennen von entscheidender Bedeutung. Ihre Vernachlässigung kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung zu Auswirkungen speziell für die Höhenkomponente von bis zu mehreren Zentimetern führen.

Eine Betrachtung der Konstruktion einer GPS-Antenne aus elektrotechnischer Sicht zeigt die Komplexität des Empfangs- bzw. Sendeverhaltens. Abweichend von einem theoretischen Kugelstrahler ergeben sich die unterschiedlichsten Phasen(zentrums)variationen (PCV). Für deren Kalibrierung bzw. Prüfung stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung, beispielsweise diverse Möglichkeiten für die alleinige Bestimmung eines mittleren Offsets, die absolute Kammerkalibrierung und die relative Feldkalibrierung. Mit dem Ziel der Vermeidung von bestimmten Abhängigkeiten und Restfehlern der vorhandenen Modelle wurde die Absolute Feldkalibrierung entwickelt, was zu einem operationellen Echtzeitverfahren mit der Nutzung eines Roboters führt. „Absolut“ bezeichnet dabei die Unabhängigkeit von einer Referenzantenne.

Wiederholungsmessungen und Vergleiche mit Ergebnissen anderer Kalibrierungsmethoden zeigen, dass dieses Verfahren hochauflösende, stationsunabhängige PCV bis zum Antennenhorizont liefert. Dadurch werden präzise Untersuchungen der PCV verschiedener Antennentypen möglich, die die Auswirkungen verschiedener Konstruktionsformen auf die PCV zeigen. Es können speziell starke Veränderungen durch Gehäuse, Grundplatte und Dome-Konstruktion gezeigt werden. Das Verfahren belegt zudem das Auftreten signifikanter azimuthaler PCV und Differenzen zwischen Typ- und Individualkalibrierung.

Die Größenordnungen der PCV und die Genauigkeit einer Kalibrierung machen theoretisch und praktisch deutlich, dass für eine hochpräzise Positionsbestimmung ihre Kenntnis auf dem Niveau ≤ 1 mm erforderlich ist. In Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung ergeben sich unterschiedliche Effekte für die Positions- und Mehrdeutigkeitslösung. Vorteile für die Absolute Feldkalibrierung ergeben sich vor allem für Kurzzeitbeobachtungen, bei denen nur ein begrenzter Ausschnitt der Satellitenkonstellation genutzt werden kann.

Aber auch speziell im Zusammenhang mit einer Fehlerverstärkung durch die Troposphärenmodellierung ergibt sich die Forderung nach sehr präzisen Korrekturmodellen. Ein Absolutmodell ist immer erforderlich, wenn die Antennen in einem Netz Differenzen und Veränderungen in ihrer Orientierung zueinander aufweisen. Dies ist in bewegten lokalen Vermessungen genauso der Fall wie in der Auswertung globaler Netze. Die Betrachtung regionaler bzw. globaler Anwendungen (Referenznetze, Simulationen) macht deutlich, dass das Modell der absoluten PCV-Korrekturen richtig ist, obwohl im Vergleich zu Lösungen anderer Raumverfahren ein Netzmaßstab nach ihrer Einführung auftritt. Es zeigt sich, dass die mangelnde genaue Kenntnis des Antennenverhaltens am Satellit Auslöser ist.

Mit den vorhandenen präzisen PCV-Korrekturen ergeben sich weitere Bereiche für zukünftigen Forschungsbedarf. Dazu zählt u.a. die Umsetzung und operationelle Anwendung des Absolutmodells und als nächster Schritt besonders die Lösung des zweiten stationsabhängigen Fehlers der Mehrwegeausbreitung.

Die Dissertation erscheint in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover“, ISSN 0174-1454, Nr. 247.