

GNSS-Information

GPS – NEWS

Der Start des ersten GPS-Satelliten der dritten Generation, GPS 3-01, wurde bereits im Oktober vergangenen Jahres vom 3. Mai dieses Jahres auf das Jahresende verlegt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Start voraussichtlich erst 2018 erfolgen wird. Als Grund dafür sind die Verzögerungen bei der Entwicklung des „Operational Control Segments“ (OCX) zu vermuten. Eine erste Stufe „O“ von OCX soll bis zum ersten Start fertiggestellt sein. Sie überwacht den Start des Satelliten. Die Steuerung der Nutzlast des Satelliten ist mit dieser Version allerdings nicht möglich.

GLONASS – NEWS

Gerüchten zufolge könnte Russland in diesem Jahr den Start von bis zu vier neuen Glonass-Satelliten vollziehen. Nach Aussage russischer Offizieller soll das dann der Fall sein, wenn operationelle Satelliten im Orbit auszufallen drohen. Bislang stehen jedoch keine derartigen Vorhaben in den Startkalendern.

Im Zuge der Erweiterung des Glonass-Bodensegments wurde am 27. Februar in Südafrika die zweite Glonass-Bodenstation außerhalb Russlands eingeweiht. Genau wie mit der ersten 2014 in Brasilia, Brasilien, eingeweihten Station sollen Glonass- und GPS-Beobachtungen und -Navigationsnachrichten überwacht und verfolgt werden. Standort ist das Radioastronomieobservatorium in Hartebeesthoek. Die neue Glonass-Antenne ist damit in guter Nachbarschaft zu den bisher schon dort installierten GPS-, VLBI- und Doris-Antennen sowie dem Satellitenlaser angesiedelt.

GALILEO – NEWS

Als Starttermin für den zweiten Start von vier Galileo-Satelliten mit einer Ariane-5-Rakete war Ende vergangenen Jahres der 9. August dieses Jahres festgelegt worden. Im Januar jedoch erfolgte eine weitere Verlegung des Starttermins nach hinten, derzeit in den November.

Dies könnte mit dem – rätselhaften – Uhrenausfall an Bord einiger Galileo-Satelliten zusammenhängen. Dieses erstmals im November letzten Jahres publik gemachte Problem beschäftigt nicht nur die ESA, sondern weite Teile der interessierten GNSS-Gemeinde. In den vergangenen Monaten sind bis zu neun Atomuhren an Bord einiger Galileo-Satelliten ausgefallen. Man spricht von fünf Satelliten, sodass also auf einigen der Satelliten mehrere Uhren ausgefallen sein müssen. Da jeder Satellit mit vier Atomuhren ausgestattet ist, besteht keine akute Gefahr, dass ein Satellit komplett ausfallen könnte. Zunächst war nicht bekannt, um welche Satelliten es sich handelt. Dadurch schossen allerlei Spekulationen ins Kraut. Ebenso unbekannt war, um welche der Atomuhren es sich handelt. Jeder Satellit verfügt über zwei Rubidium-Uhren (RAFS) und zwei Wasserstoffmaser (PHM). Nun scheint es sich um drei RAFS und sechs PHM zu handeln. Eine zentrale Frage lautet,

ob es möglich ist, die Fehler zu beheben. Zwischenzeitlich ist von einem zehnten Ausfall die Rede gewesen. Dieser PHM funktioniert inzwischen wieder.

Eine weitere Frage ist, welche Gefahr für die gesamte Mission davon ausgehen könnte. Niemand kann mit Sicherheit ausschließen, dass weitere Uhren ausfallen. Schließlich scheinen zumindest die drei RAFS-Ausfälle ein vergleichbares Verhalten zu zeigen.

Anscheinend handelt es sich bei den betroffenen Satelliten weder um die vier im November in den Orbit gebrachten Satelliten noch um die beiden Satelliten, die sich nicht in einem nominellen Orbit befinden.

Die ESA hat auf die Berichte gelassen reagiert. Zum einen hat man festgestellt, dass anscheinend eine bestimmte Testprozedur vor dem Start der Satelliten mit dem Ausfall der drei RAFS in Verbindung stehen könnte. Die übrigen 36 RAFS scheinen einer anderen Prozedur unterworfen worden zu sein. Darüber hinaus versucht man, die gewonnenen Erkenntnisse für die noch am Boden befindlichen Uhren zu nutzen. Angeblich sind alle am Boden befindlichen Uhren zurückbeordert worden. Insofern ist die Verschiebung des nächsten geplanten Starts nachvollziehbar.

BEIDOU – NEWS

Auf den Webseiten der Zeitschrift „GPS World“ wurde unlängst ein kompletter Zeitplan für die zukünftigen BeiDou-Satelliten veröffentlicht. Er stammt aus einem Diskussionsboard der Space News (spacenews.com) und sieht 32 Starts bis 2020 vor. Danach werden schon in 2017 acht BeiDou-3-Satelliten im Medium Earth Orbit (MEO) platziert und ein geostationärer BeiDou-2-Satellit wird im Dezember dieses Jahres ersetzt werden. Die weiteren Ergänzungen und Ersetzungen werden dann mit zehn BeiDou-3-MEO-Satelliten in 2018, vier in 2019 und drei in 2020 fortgesetzt. Die anderen Starts betreffen den Austausch der drei Satelliten im inklinierten Orbit und von zwei der geostationären Satelliten.

NAVIC/GAGAN – NEWS

Auch das indische Navigationssystem Navic ist von einem Uhrenausfall betroffen. Auf dem ersten der sieben Satelliten, IRNSS-1A, sind drei Atomuhren ausgefallen. Die indische Raumfahrtagentur ISRO versucht, diese vom Boden aus wieder in Gang zu setzen. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Meldung, dass diese Rubidiumuhren von demselben Hersteller stammen sollen wie die Galileo-Uhren (siehe oben). IRNSS-1A war im Jahr 2013 gestartet worden.

ISRO gab bekannt, dass in der zweiten Jahreshälfte der achte Satellit der Navic-Konstellation, IRNSS-1H, gestartet werden soll, um einen der im Orbit befindlichen Satelliten zu ersetzen.

RTCM-EMPFEHLUNG ZU BEIDOU

Bei der Verwendung von GNSS-Korrekturdaten ist die eindeutige Identifikation der verwendeten Ephemeriden und Uhrenkorrekturen von hoher Wichtigkeit. Bei GPS werden die sogenannten IODE – Issue Of Data, Ephemeris – für den Orbit und IODC – Issue of Data, Clock – verwendet. Sie ändern sich bei GPS etwa alle vier Stunden. Beim chinesischen BeiDou sind solche Kenngrößen nicht vorgesehen. Zur Definition von Formaten für Korrekturdaten, wie sie auch in der Geodäsie eingesetzt werden, hat das zuständige RTCM-Komitee SC104 eine Empfehlung zur Berechnung solcher Kenngrößen mit chinesischen Experten in gemeinsamen Sitzungen erarbeitet.

Dieser Vorschlag wurde nun erstmals im neuen BeiDou-Interface-Kontroll-Dokument vom November 2016, BDS-SIS-ICD, Version 2.1 veröffentlicht. Laut diesem Dokument werden neue Ephemeriden jede Stunde übertragen und zwar immer zur vollen Stunde. Falls zusätzliche Übertragungen notwendig sind, werden sie in Zwölf-Minuten-Intervallen nach der vollen Stunde übertragen. Falls sich ein Parameter der Ephemeriden ändert, erscheint eine neue Referenzzeit (t_{oe}). Gleiches gilt für die ebenfalls in Zwölf-Minuten-Abschnitten übertragenen Referenzzeiten der Uhrkorrekturen (t_{oc}). Ändert sich t_{oe} , so ändert sich auch t_{oc} . Innerhalb einer Woche gibt es keine Wiederholung der Zeitpunkte der Korrekturen.

Um den Betreibern und Nutzern von Korrekturdatendiensten im RTCM-Standard eine eindeutige Zuordnung der Korrekturen zu ermöglichen, hat am 3. Februar das RTCM SC104 die folgenden Formeln zur Berechnung von IODE und IODC vorgeschlagen:

- $BDS\ IODC = \text{mod}(t_{oc}/720, 240)$,
- $BDS\ IODE = \text{mod}(t_{oe}/720, 240)$.

Mit diesen Formeln erhält man die für die Übertragung der Daten notwendige Beschränkung auf eine 8-bit-Länge der Korrekturen und trotzdem eine Eindeutigkeit über zwei Tage. Anders als bei GPS IODE und IODC können bei BeiDou das BDS IODC ungleich dem IODE sein, da IODC sehr viel öfter geändert werden kann. Da aber bei einer Änderung von IODE auch immer die IODC geändert wird, verwendet RTCM nun nur die IODC als eindeutige Identifizierung auch für die Ephemeriden.

SATELLITENSTARTS

Abseits des Felds der Navigationssatelliten tut sich einiges im Bereich von Satellitenstarts. So hat SpaceX am 18. Januar den Start und die erfolgreiche Landung einer Falcon-Rakete vermeldet. Ende letzten Jahres gab es unter anderem den Start von acht Micro-Satelliten zur Messung von Windgeschwindigkeiten in Hurrikans. Diese Satelliten haben mehrere GNSS-Empfänger bzw. -antennen an Bord und sind für den Einsatz im Bereich der GNSS-Reflektometrie vorgesehen. Der Start der Rakete mit den sehr kompakten Satelliten des „CYGNSS“ genannten Projekts erfolgte von einem Flugzeug aus. Die Satelliten wurden in einer Bahnhöhe von ca. 510 km platziert.

Erwähnenswert ist dieses Projekt an dieser Stelle deshalb, weil es eine Tendenz im internationalen Geschäft mit Satelliten darstellt. Ein Trend geht zu immer mehr und immer kleineren Satelliten.

Dadurch können die Satelliten zugleich auch preiswerter produziert werden. Airbus D&S beispielsweise plant ein Array von 648 Satelliten, Google (Alphabet) plant in Zusammenarbeit mit SpaceX gar mit 2000 Satelliten. Beide Projekte sind insbesondere für die flächendeckende Versorgung mit leistungsstarkem Internet vorgesehen. Das Beratungsunternehmen Euroconsult schätzt die Zahl der Satellitenstarts bis zum Jahr 2025 auf ca. 9000, was einer Verdreifachung gegenüber dem letzten Jahrzehnt bedeuten würde.

Dazu passt auch die Meldung, dass am 28. Januar von Kourou aus ein Kommunikationsatellit gestartet wurde, dessen Plattform aus deutscher Produktion stammt. Die von der Bremer Firma OHB entwickelte und von der ESA mitfinanzierte Plattform „smallGEO“ soll mit 3,5 Tonnen fast um die Hälfte leichter sein als übliche Trägerplattformen für geostationäre Satelliten. Die Plattform ist flexibel konfigurierbar und somit für ganz unterschiedliche Nutzlasten einsetzbar. Zudem ist sie sowohl mit einem chemischen Antrieb als auch mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet, sodass bei erfolgreichem Testverlauf zukünftig geringere Treibstoffmengen mitgeführt werden müssen.

Im April schließlich sollen gleich zehn Iridium-Kommunikationssatelliten mit einer Falcon-9-Rakete gestartet werden.

START VON SENTINEL-2B

Der Satellit Sentinel-2B wurde am 7. März 2017 um 2.49 Uhr deutscher Zeit mit einer Vega-Rakete von Kourou aus gestartet. Zusammen mit Sentinel-2A, der seit dem 22. Juni 2015 die Erde umkreist, wird er die Multispektralaufnahmen von Landmassen, Inseln und Küstengebieten der Erde liefern. Sentinel-2 setzt die Arbeiten vorheriger Satellitenmissionen wie Spot und Landsat mit wesentlich besserer Auflösung fort. Damit wird ein kontinuierliches Monitoring der Entwicklung der Landflächen, der Flächennutzung und von Klimadaten erreicht. Neue Anwendungen sollen z. B. in der Forst- und Landwirtschaft liegen, um den Zustand von Pflanzen oder die Trockenheit von Böden zu beurteilen. Bei einer Flughöhe von 780 km und einer Breite der Bodenspur der Sensoren von 290 km können die beiden Satelliten in fünf Tagen die Erde komplett abbilden. Die Daten werden voraussichtlich ab Juni vom Copernicus-Datenzentrum in Straßburg kostenlos zu erhalten sein.

Zum Start hatte das ESOC übrigens einige an Satellitenmissionen interessierte Blogger aus aller Welt nach Darmstadt eingeladen, die somit ihre Blogs direkt vom Ort des Geschehens schreiben konnten.

EINFÜHRUNG DES ITRF2014 IM IGS

Mit etwa einem Jahr Verspätung wegen der notwendigen Vorbereitungen wurden nun die Prozessierungen im Internationalen GNSS-Dienst (IGS) auf den neuen terrestrischen Bezugsrahmen ITRF2014 bezogen. Seit GPS-Woche 1934 (29. Januar 2017) sind die neuen Koordinaten des IGS14 die Referenz für alle IGS-Produkte. Insgesamt 252 Stationen, davon 113 mit wegen der nun im IGS14 verwendeten neuen Antennenkalibrierungen (IGS14.atx) leicht veränderten Koordinaten, sind im IGS14 enthalten. Davon bilden 176 das sogenannte Core-Netz, das in allen Analysen enthalten sein

soll. Alle für die Umstellung notwendigen Informationen sind auf den Servern des Institut Geographique National (IGN) in Paris unter der Adresse <ftp://igs-rf.ign.fr/pub/IGS14> zu erhalten. Dies betrifft die Kalibrierdaten der verwendeten Antennen, die Liste der Zeitpunkte und Beträge von Änderungen in den Stationskoordinaten, die Liste der Koordinatenänderungen infolge der neuen Antennenkalibrierdaten und nicht zuletzt das Sinex-File der Koordinaten mit Kovarianzmatrix. Alle Nutzer von IGS-Produkten sollten ihre Prozessierung an die neuen Koordinaten angleichen, um konsistente Ergebnisse zu erhalten.

GALILEO COMMERCIAL SERVICE

Erfreuliche Neuigkeiten gibt es zu dem kommerziellen Dienst (CS) von Galileo. Die Europäische Kommission und die Galileo Supervising Authority (GSA) haben am 8. Februar mitgeteilt, dass schon die erste Generation der Galileo-Konstellation die hochgenauen Positionierungsdienste mit Authentifizierung anbieten wird. Gemäß dem Artikel 2 (4) (c) der EU-Regelung Nummer 1285/2013 werden damit die beiden wesentlichen Verbesserungen des kommerziellen gegenüber dem offenen Dienst verfügbar gemacht: Der CS wird eine höhere Positionierungsgenauigkeit bieten und eine Authentifizierung des Signals ermöglichen. Um alle Nutzeranforderungen zu

erfüllen, werden diese beiden Komponenten unabhängig voneinander angeboten.

Die Daten des kommerziellen Dienstes werden im Regelfall eine Positionierungsgenauigkeit von besser als einem Dezimeter erlauben. Die Authentifizierung wird die Sicherheit der Navigation verbessern, indem sichergestellt werden kann, dass die empfangenen Signale tatsächlich von Galileo-Satelliten stammen und keine Fälschungen (Spoofing) sind. Das zusätzliche Signal wird im E6b-Band übertragen und durch einen kommerziellen Authentifizierungsdienst verschlüsselt sein, um den Zugang zum kommerziellen Dienst für professionelle Anwendungen robust und kontrollierbar zu halten. Es ist damit das erste und einzige Signal mit solchen Eigenschaften bei allen GNSS.

Die Authentifizierungsmethode wurde der Europäischen Kommission von Wissenschaftlern der Universität Leuven vorgeschlagen. Es handelt sich um das seit etwa 15 Jahren bekannte „Timed Efficient Stream Loss-Tolerant Authentication“- (Tesla-)Verfahren für elektronische Signaturen. Diese können mit den 100 bit, die in den Galileo-Signalen bisher ungenutzt sind, übertragen werden und somit ohne größeren Aufwand für Änderungen im System eingebaut werden. Die Integritätsprüfung mit Tesla bedarf nur eines geringen Rechenaufwands, kann Übertragungsverluste verkraften und benötigt auch keine Kommunikation mit oder Information über den Nutzer am Sender.



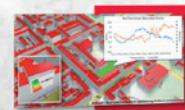
Wichmann

NEU

Kolbe/Bill/Donaubauer (Hrsg.)

Geoinformationssysteme 2017

Beiträge zur 4. Münchner GI-Runde



Wichmann

CD-ROM
2017
VIII, 202 Seiten
48,- € (CD-ROM/E-Book)



Technikwissen punktgenau:

Die Tagungsbeiträge der Münchner GI-Runde 2017!

Das Werk enthält die Beiträge des renommierten Fortbildungsseminars, das innovative Projekte von Unternehmen vorstellt sowie aktuelle Einblicke in Forschung und Entwicklung in der Geoinformatik bietet.

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Das E-Book ist ausschließlich auf www.vde-verlag.de erhältlich. Es ist für das Studium geeignet.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/170385



Mit dieser Implementierung soll erfreulicherweise auch die kostenlose Nutzung der sogenannten Open Service Navigation Message Authentication (OS NMA) ermöglicht werden. OS NMA kann durch eine digitale Signatur des Signals im E1-Band die Nutzer des offenen Dienstes ebenfalls vor Spoofing schützen. Sowohl der kommerzielle als auch der freie Authentifizierungsdienst sollen kostenlos angeboten werden. Darüber hinaus, und das könnte von großer Bedeutung für alle Anwender sein, soll auch mindestens ein Signal im Galileo-E6-Band frei nutzbar sein, um allen Nutzern die Vorteile von drei Frequenzen zur Verfügung zu stellen.

Der kommerzielle Dienst wird, um Marktverzerrungen zu vermeiden, von einem noch zu bestimmenden kommerziellen Anbieter betrieben werden. Ein Wermutstropfen in der Ankündigung ist, dass diese Dienste erst mit dem Erreichen der vollen Operabilität (FOC) von Galileo im Jahr 2020 verfügbar sein werden. Dann erst sollen sie die jetzt verfügbaren Galileo-Dienste Open Service (OS), Public Regulated Service (PRS) und Search and Rescue (SAR) ergänzen.

ÜBERRASCHENDE DATENFREIGABE DES GPS-SYSTEMS

Es ist vielleicht nicht allen bekannt, dass die GPS-Satelliten eine Anzahl von Sensoren an Bord haben, deren Zweck und Daten nicht unbedingt publiziert werden. Für einen dieser Sensoren ist das nun zur großen Freude der Atmosphärenphysiker und Ionosphärenforscher geschehen. Das Los Alamos National Laboratory in New Mexico hat aufgezeichnete Daten aus 16 Jahren von Messungen der ionosphärischen Strahlung auf GPS-Satelliten freigegeben. Diese Daten wurden zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit der in der starken Strahlung des Van Allen-Gürtels fliegenden Satelliten mit den vom Los Alamos Laboratory entwickelten Strahlungsmessgeräten aufgezeichnet, um die Auswirkungen von Sonnenstürmen zu überwachen.

Diese an sich militärisch nicht kritischen Daten wurden bisher geheim gehalten und erst durch US-Präsident Obama im Oktober 2016 per Erlass freigegeben. Grund war die bessere Einschätzung der Gefahren durch Sonnenstürme und extreme Ausbrüche von ionisierten geladenen Teilchen infolge von Sonneneruptionen oder koronalen Massenauswürfen. Diese können nicht nur für Satelliten, sondern auch für elektronische Geräte auf der Erde gefährlich werden und z. B. Funknetze oder Stromnetze ganzer Länder lahmlegen. Mithilfe der neuen Daten untersuchen Wissenschaftler nun die komplexen Interaktionen zwischen der kosmischen Strahlung und dem Erdmagnetfeld. Damit bietet sich eine wertvolle Ergänzung zu den speziell gebauten Van-Allen-Sonden der Nasa, die nur Stichproben der Strahlung nehmen konnten. So hat die Analyse der Elektronen und Protonen schon extreme Gradienten im Energiefluss ergeben, die bisher unbekannt waren.

In der Zeitschrift „Space Weather“ wurde die Beschreibung der Daten im Heft mit der DOI: 10.1002/2017SW001604 veröffentlicht. Die Daten selbst sind unter dem Stichwort „GPS energetic particles“ auf den US-Servern von <http://catalog.data.gov> zu finden.

JAGD NACH DUNKLER MATERIE MIT GPS

Physiker und Geodäten der Universität Reno, Nevada, haben den bisher genauesten Versuch unternommen, die mysteriöse dunkle Materie im Kosmos aufzuspüren. Dazu benutzten sie die Daten der Atomuhren von 31 GPS-Satelliten. Astrophysiker nehmen an, dass 85 % aller Materie im Universum aus dunkler Materie besteht. Diese Annahme beruht auf ihrer Gravitationswirkung, direkt beobachtet wurde sie bisher nicht. Ihre angenommene Manifestation in sogenannten Wimps, „Weakly interacting massive particles“, konnte bisher mit keinem der dazu entwickelten Detektoren entdeckt werden. Eine neuere Theorie besagt, dass die dunkle Materie Fehler in der Struktur des Weltraums, sogenannte topologische Defekte, sind. Es wird angenommen, dass in solchen Defekten die Naturkonstanten verändert werden, z. B. die Feinstrukturkonstante, welche die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkungen und die Strahlungsfrequenzen der Übergänge zwischen Energieniveaus in Atomen angibt. Die Atomuhren in den GPS-Satelliten basieren genau auf diesen Frequenzübergängen. Wenn also dunkle Materie die Bahnen der Satelliten kreuzt, sollte ein Sprung in allen GPS-Uhren sichtbar werden.

Um solche Effekte in der Konstellation der GPS-Satelliten zu entdecken, wurden 16 Jahre der Zeitreihen der GPS-Uhren analysiert. Es konnten jedoch keine Sprünge von mehr als einer halben Nanosekunde entdeckt werden. Zumindest konnten neue Grenzen für den maximalen Effekt der topologischen Defekte bestimmt werden. Um einen sicheren Nachweis zu führen und aus anderen Theorien über Supernovas abgeleiteten Magnituden zu entdecken, wäre eine um sechs Größenordnungen höherer Präzision nötig. Weitere Analysen der GPS-Daten sind geplant. Aber auch wenn sich die dunkle Materie weiter der Beobachtung entzieht, ist diese Anwendung von GPS ein weiteres Beispiel für die vielfältigen unkonventionellen und ungeplanten Anwendungsmöglichkeiten der Satellitentechnologie – und wesentlich preiswerter als so manche erdgebundene Technologie.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Becker

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
INSTITUT FÜR GEODÄSIE

Franziska-Braun-Straße 7 | 64287 Darmstadt
becker@psg.tu-darmstadt.de



Dr.-Ing. Wolfgang Söhne

BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE
UND GEODÄSIE

Richard-Strauss-Allee 11 | 60598 Frankfurt am Main
wolfgang.soehne@bkg.bund.de

