



Matthias Becker
Andreas Mathes
Wolfgang Söhne

GPS - Satellitenstarts

Der Start des zweiten GPS IIF-Satelliten ist weiterhin für den 17. November dieses Jahres geplant.

Der nach einigen Tagen Verzögerung am 28.05.2010 gestartete Satellit GPS IIF-1 wurde mit der Nummer PRN25/ SVN62 versehen. Obgleich bereits am 6. Juni eingeschaltet, fand er seinen Weg in den richtigen Slot B2 nicht so rasch, wie man es sonst von den GPS-Satelliten gewohnt ist, sondern erst nach einigen Wochen und einigen Manövern.

Inzwischen haben die ersten Institutionen das L5-Signal des Satelliten getrackt. Die Signalstärke ist sehr zufriedenstellend und liegt zwischen der von L1 und L2. Sie ist etwas höher als die der beiden GIOVE-Satelliten. Während das L5-Testsignal auf dem GPS-Satelliten PRN01 / SVN49 eine deutliche Variation in Abhängigkeit von der Elevation aufweist, ist das Signal beim IIF-1 nahezu konstant.

Allerdings wurde ein Bias der L5-Phasenmessungen festgestellt. Es handelt sich um Variationen in der Größenordnung von 10cm verglichen mit L1 oder L2. Weitere Analysen mit der vom IGS-Analysezentrum CODE berechneten Satellitenuhr von PRN25/ SVN62 zeigen ebenfalls periodische Abweichungen von einem linearen Uhrengang. Sie traten auf, als am 12. Juli von der Caesiumuhr auf eine der beiden Rubidiumuhren umgeschaltet wurde. Die Periodizitäten sind überraschend, da die CODE-Uhrenparameter aus L1- und L2-Beobachtungen abgeleitet werden, und somit nicht unbedingt mit den L5 Anomalien zusammenhängen. Das US Naval Research Lab hat daraufhin diese Daten der PRN25/ SVN62 Uhr mit zwei baugleichen Rubidiumuhren, die für Langzeittests im Labor benutzt werden, verglichen. Diese sind wesentlich stabiler, sie haben bis zu 20 Minuten eine etwa dreifach geringere Frequenzvarianz und auch bei längeren

Zeiträumen treten die 6-, 12- und 4-stündigen Oszillationen mit einer Amplitude von $\pm 0,5$ Nanosekunden nicht auf.

Es wird nun nach den Ursachen gesucht. Möglich wären thermische Effekte im Satelliten, dafür wird aber eine längere Beobachtungszeit für die genaue Analyse benötigt. Man kann nur hoffen, dass es keine grundsätzlichen Probleme mit den Uhren gibt, die eine Verzögerung der für Anfang 2011 geplanten GPS IIF-Starts zur Folge haben könnten. Generell sollten die neuen Rubidiumfrequenznormale nahe an die Performance der Galileo-Wasserstoffmaser heranreichen. Es wird interessant sein, die Vergleiche von PRN25/ SVN62 und GIOVE-B zu sehen.

Trotz der oben beschriebenen Probleme wurde der GPS-Satellit PRN25/ SVN62 am 27. August um 04:10 UTC auf „healthy“ gesetzt. Laut US Air Force erreichte der Satellit die im ICD beschriebenen Leistungen und kann somit benutzt werden. Die Phasenfluktuationen in L5 und die Rubidiumuhranomalien beeinflussen laut Air Force nur wenige Nutzer im Hochpräzisionsbereich und sind deshalb kein Grund für ein Aufschieben der Freigabe.

GLONASS - News

Russlands Premierminister Putin bekräftigte im August den Willen seines Landes, bis Ende dieses Jahres die GLONASS-Konstellation zu vollenden. Dazu sind für 2010 noch zwei Starttermine geplant. Am 2. September wurden planmäßig die drei Satelliten mit den Nummern 36-38 erfolgreich in den Orbit gebracht. Für Dezember ist der Start der ersten Satelliten der nächsten Generation vorgesehen: vom russischen Plesetsk aus sollen dann die ersten drei GLONASS K-Satelliten mit einer Soyuz-Rakete in den Orbit befördert werden. Die Angaben, ob der Start am 4.12. oder, wie bisher üblich, am

25. Dezember stattfindet, widersprechen sich. Nach bisherigem Stand sind Entwicklung und Tests der Satelliten voll im Plan. Neben einer erheblich längeren Lebenserwartung sollen die Satelliten noch andere Verbesserungen gegenüber den GLONASS M-Satelliten erhalten.

COMPASS - News

Am 31. Juli wurde ein weiterer Satellit der Beidou-Serie gestartet. Die Rakete vom Typ „Langer Marsch 3A“ hob um 5:30 lokaler Zeit von der Xichang Spacebasis ab. Das besondere an diesem Satelliten ist, dass es sich um den ersten mit einer geeigneten geosynchronen Bahn, IGSO genannt, handelt. Der neue Satellit befindet sich zudem auf einer nahezu kreisförmigen Bahn. Die mittlere östliche Breite des Bodenpunktes unter der Satellitenspur liegt bei 116 Grad (zwischen Singapur und Borneo). Bereits am 2. Juni war ein weiterer Beidou-Satellit gestartet worden. Um kurz vor Mitternacht lokaler Zeit hatte eine Rakete vom Typ „Langer Marsch 3C“ den Satelliten in seinen ca. 36000 km hohen Orbit befördert. Der G3 genannte Satellit soll seine geostationäre Position bei ungefähr 84,5 Grad (westlich von Sumatra) einnehmen – ungefähr dort, wo sich COMPASS-Satellit G2 befand, ehe er wegdriftete (wir berichteten). Damit befinden sich nun fünf Beidou2-Satelliten im Orbit.

Galileo - News

Der Start der ersten beiden Galileo-Satelliten der „In-Orbit-Validation“-Phase ist nunmehr auch offiziell auf Juni 2011 verschoben worden. Die beiden anderen IOV-Satelliten sollen dann im November 2011 gestartet werden.

Derzeit ist bereits eine Diskussion über die zukünftige Finanzierung von Galileo – also über das Jahr 2013 hinaus – entbrannt. Die ersten 18 Satelliten, die bis

2014 im Orbit sein sollen, sind durch die bislang veranschlagten 3,4 Mrd. Euro abgedeckt. Damit ist das System aber noch weit von der ursprünglich geplanten Konstellation von 30 Satelliten entfernt.

Als eine Ursache der Verteuerung werden die explodierenden Kosten für die „In-Orbit-Validation“ (IOV)-Phase genannt, eine weitere wird in der Verteuerung der Startkosten gesehen.

Es wird nun darauf ankommen, im nächsten Haushaltszyklus der Europäischen Kommission weitere Gelder für Galileo unterzubringen. Darüber hinaus hoffen die Verantwortlichen auf weitere finanzielle Anstrengungen der ESA-Mitgliedsländer.

Parallel wird eine Diskussion geführt über Einsparmöglichkeiten im Programm. Diese reichen von einem Wechsel des Raketentyps für die Starts bis zu einer reduzierten Anzahl der Satelliten. Anscheinend sind die Kosten für einen Start mit einer Soyuz-Rakete von Kourou aus erheblich höher als gedacht. Alternativen könnten Starts mit Ariane 5 oder mit der russischen Proton-Rakete sein. Sollten zunächst keine weiteren als die vertraglich vereinbarten 18 Satelliten gebaut werden, könnte dies Auswirkungen auf die verschiedenen geplanten Dienste haben. Während ein offener Dienst für den Massenmarkt möglich ist, könnte beispielsweise der „Public Regulated Service“ bei weniger als 22 bis 24 Satelliten in seiner Funktionalität eingeschränkt sein.

Japan – QZSS

Der Start des ersten japanischen Satelliten des „Quasi-Zenith Satellite System“ (QZSS) ist vom 2. August auf den 11. September verschoben worden. Ursache für die Verschiebung sind Probleme mit dem Lagekontrollsystem im Satelliten gewesen, das von der Firma Honeywell geliefert wurde. Inzwischen ist das System ausgetauscht. Der Start des „Michibiki“ genannten Satelliten erfolgt vom Tanegashima Space Center mit einer H-2A-Rakete. „Michibiki“ (was ungefähr „Leuchtzeichen“ bedeutet) soll den GPS-Empfang in den japanischen Städten und den Bergregionen verbessern.

Am 23. August wurde eine Web-Seite mit Informationen zu QZSS geöffnet, die – wenn man die englischen Seiten gefunden hat – sehr gute Informationen zu Status und Nutzung gibt (<http://qz-vision.jaxa.jp/USE/en/index.html>). Die Seite ist noch im Aufbau. Sobald der Satellit „Michibiki“ gestartet ist, sollen

die gewonnenen Daten hier publiziert werden. Dazu bietet die Seite einen spielerischen Einstieg in das Verständnis und die Nutzung von QZSS.

Indien – GAGAN

Am 15. April dieses Jahres startete Indien seinen 19. geostationären Satelliten. Es war der vierte aus der sog. GSAT-Reihe. GSAT-4 hatte ein Modul für das indische Augmentierungssystem GAGAN (GPS-Aided Geo-Augmented Navigation System) an Bord. Der Start erfolgte von der Insel Sriharikota aus. Die Besonderheit dieser Mission bestand darin, dass erstmals die Antriebsstufen drei und vier aus eigener indischer Fertigung verwendet wurden.

Die ersten ca. sechs Minuten nach dem Start war das Verhalten der Rakete normal. Aber kurz nach dem Zünden der dritten Stufe der Rakete zeigte sich ein anomales Verhalten, was schließlich zum Verlust der Rakete führte.

Glück im Unglück hatte somit die israelische Raumfahrtagentur, deren UV-Teleskopeinheit TAUVEK kurzfristig aus dem Programm von GSAT-4 genommen worden war.

US-EU-Kooperation

Im Rahmen der Arbeitsgruppe C der seit 2004 vereinbarten EU-US-Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Satellitennavigation wurden zwei Studien zu den Vorteilen der kombinierten Nutzung von GPS und Galileo erstellt und am 30. Juli 2010 publiziert. (<http://pnt.gov/public/docs/2010/combined-WAAS-EGNOS.pdf>, <http://pnt.gov/public/docs/2010/combined-open-GPS-Galileo.pdf>).

Zum einen wurde die deutliche Verbesserung bei sicherheitskritischen Anwendungen durch Nutzung von WAAS und EGNOS nachgewiesen.

In der zweiten Studie wurden für GPS III, d.h. mit verfügbarem L5-Signal, und Galileo für drei Empfängerkonfigurationen und vier Anwendungsfälle die Vorteile einer dualen Konstellation untersucht. Dabei wurde der Nachweis der verbesserten Genauigkeit und der größeren Verfügbarkeit, besonders unter Bedingungen mit Abschattungen, gebracht. Als Empfängerkonfigurationen wurden Einfrequenzempfänger, Einfrequenzempfänger mit der Möglichkeit, GPS-III TMBOC- und Galileo CBOC-Signale zu verfolgen, und Zweifrequenzempfänger mit der E1/E5-Kombination getestet. Erwartungsgemäß bringt der Zweifrequenzempfang mit zwei Konstellationen die besten Ergebnisse.

Dabei bieten wegen der besseren Multipathcharakteristik Empfänger mit MBOC-Tracking in den meisten Umgebungsbedingungen deutliche Vorteile.

Obwohl die Studien im Grunde keine wesentlichen neuen Erkenntnisse liefern, sind sie wegen der guten Dokumentation der Modelle und Fehlerabschätzungen doch interessant. Ihr Hauptzweck ist der offizielle Nachweis und die Dokumentation des Erfolgs der von der Arbeitsgruppe 2006 festgelegten Interoperabilitätskriterien und Vereinbarungen. Damit können die beiden Systeme gemeinsam und störungsfrei genutzt werden. Die Vereinbarungen sind auch für die Entwicklung der nächsten Generationen von GNSS gedacht, so dass gemeinsam und koordiniert entwickelt werden kann. Weitere Studien für mehr Konfigurationen und weitere Dienste neben dem offenen Dienst werden angestrebt.

Förderung von Forschung zu GNSS

In einer Mitteilung der EU-Kommission vom 14. Juni wurde über den Aktionsplan zur Förderung der Forschung und Entwicklung zu Anwendungen der Globalen Satellitennavigationssysteme informiert. Die Kommission geht davon aus, dass der europäische Anteil an den nachgelagerten GNSS-Anwendungen zu gering ist.

Während die Infrastruktur von EGNOS vorhanden ist und bald auch die von Galileo vorhanden sein wird, ist der EU-Anteil an diesem Markt wesentlich geringer als in den sonstigen Hochtechnologiebereichen. Dort ist die EU mit ca. 30 % vertreten. Das Marktvolumen der GNSS-Anwendungen betrug im Jahr 2008 124 Mrd. Euro. Es beruht im Wesentlichen auf einfachen Positions- und Zeitsignalen. Experten zufolge werden 75 % der Marktanteile (52 % der Einnahmen) auf Produkte und Dienste im Bereich der mobilen Telekommunikation und der persönlichen Endgeräte, 20 % (44 % der Einnahmen) auf intelligente Straßenverkehrssysteme und die restlichen 5 % (4 % der Einnahmen) auf andere Anwendungsgebiete entfallen.

Die jüngsten, konservativen Schätzungen beziffern den Gesamtnutzen aus den GNSS-Programmen der EU auf 55 bis 63 Mrd. EUR über die nächsten zwanzig Jahre. Dabei sind die Dienste des Public Regulated Service (PRS) und die durch den Betrieb möglicherweise erzielbaren direkten Einnahmen nicht berücksichtigt.

Neben den wirtschaftlichen Aspekten ist auch die kritische Abhängigkeit von

Positions-, Navigations- und Zeitinformationen für die Sicherheit und die soziale und wirtschaftliche Entwicklung Europas bedeutend, so dass sich die EU nicht nur auf GPS-gestützte Anwendungen verlassen sollte.

In den USA werden Zuschüsse aus militärischen Bundesprogrammen für die Entwicklung von GNSS-Anwendungen und -Diensten auf 200 Mio. bis 500 Mio. EUR im Jahr geschätzt. Dagegen ist der in der EU bisher vorgesehene Betrag von durchschnittlich 15 Mio. Euro jährlich viel zu gering. Deshalb sollen die EU-Mittel und die jeweiligen nationalen Mittel deutlich aufgestockt werden. Um wettbewerbsfähig zu bleiben wird gefordert, das Niveau der USA anzustreben, damit das Galileo-System in vollem Umfang genutzt werden kann und wettbewerbsfähig wird.

Das Papier erstellt einen Aktionsplan mit den wesentlichen Gebieten, in denen eine Förderung sinnvoll erscheint und identifiziert 24 Maßnahmen dazu. Das Dokument ist unter: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/files/communication_on_action_plan_on_gnss_applications/com-2010-0308-action-plan_de.pdf zu erhalten.

Einweihung der Galileo In-Orbit Test Einrichtungen in Redu

Am 30 Juni wurde die Galileo-Bodenstation im ESA-Zentrum in Redu, Belgien, eingeweiht. Die Bodenstation wurde mit den für die In-Orbit Tests notwendigen Kommunikations- und Trackingantennen aufgerüstet. Daneben ist Redu auch eine Galileo Sensor Station (GSS), also eine Trackingstation des globalen Galileo-Trackingnetzes. Die Installationen in Redu werden die Funktion und Leistung der vier IOV-Satelliten ab 2011 testen. Dazu werden die Radioverbindungen und Signale auf dem L-Band, die C-Band-Uplinks und die Galileo-Signale getestet.

Bereits im November 2009 war Kourou als eine der wichtigsten Galileo Ground Stations eingeweiht worden. Insgesamt wird es 18 Sensorstationen (GSS), fünf Uplinkstationen (ULS), zwei Telemetrie-, Tracking- und Kommandostationen (TT&C) und zwei Galileo-Kontrollzentren (GCC) geben. Die Kontrollzentren bei der DLR in Oberpfaffenhofen und in Fucino bei Rom arbeiten parallel und erlauben so eine Redundanz und ein immer optimales Ergebnis für die Orbit- und Uhrenparameter der Galileo-Konstellation basierend auf den kontinuierlich er-

haltenen GSS Daten. Sie generieren die Navigations- und Integritätsdaten, die über die ULS an die Satelliten gesendet werden.

Erste Informationen über GLONASS CDMA-Signale

Die Firma Russian Space Systems (RSS) hat angekündigt, dass eine vorläufige Spezifikation der geplanten CDMA-Signalstrukturen auf Anfrage für Firmen und Entwickler verfügbar gemacht werde. Damit soll Herstellern schon frühzeitig ermöglicht werden, mit den noch in diesem Jahr verfügbaren Testsignalen zu experimentieren. Die Signale sollen von einem für den Start im Dezember 2010 vorgesehenen GLONASS K-Satelliten (siehe oben) ausgestrahlt werden. Mit dem Übergang von Multi-Frequenzcodierung auf multiple Codes soll GLONASS an die Interoperabilitätsstandards von GPS und Galileo angepasst werden und damit verbundene systematische Fehlerquellen, welche die Auswertung von GLONASS verkomplizieren, sollen eliminiert werden. Wie von „Inside GNSS“ angegeben, ist die Kontaktadresse: von RSS <http://rniikp.ru/en/about/contact.html>.

Dort steht auch das gegenwärtige GLONASS ICD zum Download bereit. Neben dem o.a. weiteren Fortschritt zum Vollausbau der GLONASS-Konstellation wird auch die Bodensegmententwicklung vorangetrieben. So sollen nach der Einweihung der ersten außer russischen Trackingstation in der Antarktis Anfang des Jahres noch 16 weitere Referenzstationen aufgebaut werden. Davon neun innerhalb Russlands und fünf in anderen Regionen.

RSS ist ein Konsortium aus mehreren staatlichen Firmen, das die russische Raumfahrtindustrie im Bereich GNSS und Erdbeobachtung repräsentiert. Es entwickelt in Zusammenarbeit mit der Firma Trimble in der Firma Rusnavgeo- set Receiver und GNSS-Infrastrukturkomponenten für GLONASS für den russischen Markt. Hier wird wegen verschärfter Regelungen zur Ausrüstung von staatlichen Fahrzeugen mit Notfallmeldesystemen (ähnlich den E-911 Vorschriften in USA) ein großer Markt erwartet.

Multi-GNSS Demonstrationsprojekt in Asien, Australien und Ozeanien

Parallel zum Aufbau von QZSS betreibt die japanische JAXA-Agentur auch die Einführung von Infrastruktur zur Nut-

zung der zukünftigen Multi-GNSS-Konstellation. Die Japanische Aerospace Exploration Agency (JAXA) koordiniert die Aktivitäten der südostasiatischen Länder in der Konzeption einer fünfjährigen Multi-GNSS-Testkampagne. Wie auf der Homepage des Projektes unter <http://www.multignss.asia/> erläutert wird, soll diese Aktion die Integration der GNSS-Dienste in die nationalen Anwendungen und Aufgaben vorantreiben.

Das Demonstrationsprojekt soll in drei Schritten ein Netz von Multi-GNSS-Referenzstationen aufbauen und Daten- und Analysezentren in Kooperation mit dem Internationalen GNSS-Dienst IGS einrichten. Darauf aufbauend sollen Anwendungskomponenten und Demonstrationsprojekte eingerichtet werden, die in regionalen Workshops und Konferenzen verbreitet werden sollen.

IGS-Workshop 2010 in Newcastle

Vom 28. Juni bis zum 2. Juli fand in Newcastle in England der IGS-Workshop 2010 des Internationalen GNSS-Dienstes statt. Die am IGS beteiligten Institute und Forschergruppen präsentierten den aktuellen Stand der IGS Produkte, der Prozessierung und diskutierten offene Fragen. Beindruckend ist die immer besser werdende Genauigkeit und Konsistenz der Produkte. Dies wird durch den kontinuierlichen Wettbewerb zwischen den Analysezentren und der damit verbunden Modellverbesserungen erreicht.

Aktuell ist das Thema „Real Time“ die große Herausforderung. Das Real Time Pilot Project (IGS-RT PP) stellt inzwischen analog zu den Offline-Prozessierungen eine Echtzeitkombinationslösung bereit. Das European Space Operations Center (ESOC) in Darmstadt generiert diese Lösung auf der Basis der Einzellösungen von zurzeit vier Analysezentren (BKG, ESOC, DLR, NRCanada); weitere Beiträge sind in Kürze zu erwarten. Die Echtzeitkombinationen sind innerhalb von 20 Sekunden verfügbar und die Resultate liegen mit 4-5cm Orbitfehler, 0.1-0.2 ns Uhrengenauigkeit nahe bei den IGS Batch-Produkten. Datenströme und Auswertungen beruhen auf den im RTCM-Format kodierten NTRIP-Datenstrukturen des BKG. Die Produkte sind unter products.igs-ip.net beim BKG zu beziehen.

Es gibt Planungen, das IGS-RT PP bald in ein Routineprodukt zu überführen. Die nächste Herausforderung für den IGS steht mit der Einführung von kon-

sistenten Multi-GNSS-Lösungen und -Produkten sowieso schon ins Haus. Dem Workshop folgte an gleicher Stelle ein eintägiges „Symposium on Vertical Rates from GNSS“. Die Vorträge und Posterpräsentationen können unter <http://www.ceg.ncl.ac.uk/igs2010/> heruntergeladen werden

REDAKTION

Institut für Physikalische Geodäsie
Prof. Dr.-Ing. Matthias Becker
Technische Universität
Petersenstr. 13 · 64287 Darmstadt

Tel.:
061 51 – 16 31 09
Fax.:
061 51 – 16 45 12

www.ipg.tu-darmstadt.de/dt/index.html