

GNSS-Information

GPS – NEWS

Als einziger GPS-Start in diesem Jahr stand bei Redaktionsschluss GPS IIF-3 für September im Startkalender. In der bestehenden Konstellation gab es nur wenige Änderungen. So wurde SVN49 wieder aktiviert. Der Satellit verwendet nun den Code PRN24. Dieser war frei geworden, weil SVN24, einer der ältesten noch funktionsfähigen Satelliten, Ende September letzten Jahres abgeschaltet worden war.

Der Bau der nächsten Generation GPS Block III-Satelliten verläuft planmäßig. So werden die ersten Chassis bei Lockheed Martin zusammengebaut und für den Sommer ist der Einbau des zentralen Antriebsmoduls geplant. Parallel dazu wird ein nicht flugfähiges, aber ansonsten identisches Exemplar zusammengebaut, um schon vor dem endgültigen Bau der Satelliten mögliche Probleme beim Zusammenspiel der Komponenten zu identifizieren.

Der Bau der Satelliten drei und vier für insgesamt 238 Millionen Dollar ist im Januar ebenfalls beauftragt worden. Im Moment sieht alles nach einem planmäßigen ersten Start im Jahr 2014 aus.

GLONASS – SATELLITENSTARTS

Trotz des erfolgreichen Starts von insgesamt sechs GLONASS-Satelliten im Jahre 2011 zog die russische Raumfahrt für das vergangene Jahr eine überwiegend negative Bilanz. Die Bedeutung des russischen Programms insbesondere für die bemannte Raumfahrt und die Versorgung der Internationalen Raumstation ISS ist nach dem Ende der „Space Shuttle“-Ära der USA gestiegen. So hatte Russland in 2011 die mit Abstand meisten Raketenstarts zu verzeichnen. Einige spektakuläre Misserfolge trübten jedoch das Bild. Die Marssonde Phobos-Grunt, im November mit großen Erwartungen gestartet, konnte aufgrund von Problemen mit der Endstufe die Erdumlaufbahn nicht verlassen. Nach einigen Rettungsversuchen musste der Satellit aufgegeben werden und ist mittlerweile abgestürzt.

Für dieses Jahr standen bei Redaktionsschluss keine weiteren GLONASS-Starts im Kalender. Es befinden sich jedoch derzeit mehr GLONASS-Satelliten im Orbit als für die volle Konstellation von 24 Satelliten erforderlich. Diesen Meilenstein konnte das System bisher nur ein einziges Mal kurzzeitig erreichen, nämlich vor 16 Jahren, im Jahre 1996. Die Anfang November 2011 gestarteten Satelliten 745 und 746 haben deshalb mittlerweile die älteren Satelliten 712 und 714 ersetzt, welche nunmehr als Reserve vorgehalten werden.

Über die weitere Zukunft des GLONASS-Systems wurde innerhalb der russischen Raumfahrtagentur diskutiert. Dabei ging es um die technischen und taktischen Anforderungen an die Satellitennavigation ab 2025, den Stand und die Planungen für Tests und Starts der GLONASS K2-Satelliten.

Bei diesen Gesprächen wurde auch über interessante Studien zum Aussehen der zukünftigen Konstellation beraten. Die wahrscheinlichste von fünf diskutierten Varianten ist der Ausbau von drei auf sechs Bahnebenen. In jeder der drei neuen Ebenen sollen dann zwei Satelliten fliegen, so dass eine Gesamtzahl von 30 GLONASS-Satelliten verfügbar wäre.

Ein Problem dieser Entwicklung wäre die bisherige Technik des FDMA, d. h. der Identifikation der Satelliten durch eigene Frequenzen anstelle des GPS- und Galileo-Konzeptes mit gleichen Frequenzen und satellitenspezifischen Codes (CDMA). Das im Interface-Kontrolldokument von GLONASS beschriebene Verfahren erlaubt bisher nur 14 Kanäle, wobei sich jeweils zwei Satelliten in antipodaler Stellung eine Frequenz teilen. Damit wären nur 28 der geplanten 30 Satelliten zu versorgen.

Andererseits werden die neuen K2-Satelliten erstmals auch CDMA verwenden, mit Signalen auf L1, L2 und L3. Trotzdem wird aus Kompatibilitätsgründen sicher nicht auf das bisherige FDMA verzichtet werden können.

RUSSISCHES SBAS

Erfolgreich wurde am 11. Dezember 2011 ein geostationärer Satellit gestartet. Luch-5A soll bei einer Position von 16 Grad westlicher Länge positioniert werden. Ihm sollen zwei weitere geostationäre Satelliten folgen, um ein russisches Augmentierungssystem, das „Luch Multifunctional Space Relay System“ aufzubauen. Die SBAS-Sender werden Korrektur- und Integritätsdaten für GLONASS und GPS auf der L1-Frequenz mit einem eigenen Pseudozufallscode (PRN) übertragen.

Zur Berechnung der Korrekturdaten baut Russland ein eigenes Kontrollstationsnetzwerk in- und außerhalb Russlands auf. Diese Stationen sollen in Australien, Indonesien, Brasilien und Nicaragua liegen, um die südliche Hemisphäre gut abzudecken. In Frage kämen außerdem Stationen auf russischen Basen in der Antarktis.

Neben den SBAS-Signalen wird noch eine Reihe von weiteren Signalen erzeugt. Sieben Transponder im Ku- und S-Band werden für die Telemetrie und die Kommunikation zwischen Satelliten in erdnahen Bahnen eingesetzt. Zum Beispiel kann die Kommunikation mit dem russischen Teil der Internationalen Raumstation hierüber laufen. Luch enthält auch einen COSPAS/SARSAT-Transponder für bi-direktionale Kommunikation bei Such- und Rettungsaufgaben (SAR).

COMPASS – NEWS

Auf einer Pressekonferenz kurz vor Jahresende 2011 präsentierte China das versprochene „Interface Control Document“ (ICD) für Compass / BeiDou-2. Das Dokument war bereits seit längerem erwartet worden. Positiv ist zu bemerken, dass es auch eine englischsprachige Version des Dokuments gibt. Das ICD beschreibt das zivile, offene B1-Signal, das sich bei 1561.098 MHz befindet. Für eine gewisse Enttäuschung sorgten indes Inhalt und Umfang. So fehlt anscheinend die Beschreibung wichtiger, dem Trägersignal aufmodulierter Information wie Satellitenalmanach- und Ephemeridendaten, die für die Hersteller zur Entwicklung neuer Empfänger erforderlich sind.

Gleichzeitig erklärte China sein Navigationssystem für operabel. Bis Ende 2011 bestand das System aus insgesamt zehn Satelliten

in drei unterschiedlichen Orbits. Inwieweit jedoch alle zehn Satelliten voll einsatzfähig sind, ist nicht eindeutig.

Am 24.02. dieses Jahres startete China den ersten der sechs für 2012 geplanten Compass-Satelliten. Der Starttermin war erst wenige Tage vorher bekannt geworden. Um 16:12 Uhr UTC hob die Rakete vom Typ „Langer Marsch 3C“ vom Weltraumbahnhof Xichang ab. Es handelt sich um den sechsten geostationären Compass-Satelliten. Der Satellit BeiDou-2/Compass G5 hat inzwischen seine vorläufige geostationäre Bahnposition erreicht. Die östliche Länge des Satelliten liegt bei 57,23 Grad. Die vermutete Endposition liegt bei 58,75 Grad, was einer der angekündigten Positionen des BeiDou-1 Demonstrationssystems entspricht.

GALILEO – SATELLITENSTART

Nach dem erfolgreichen Start der ersten beiden sogenannten IOV-Satelliten am 21. Oktober vergangenen Jahres war es für die Öffentlichkeit zunächst ruhiger geworden. Die ESA führte in dieser Zeit ein Testprogramm durch. Am 10. Dezember wurden die Transmitter des ersten der beiden Satelliten, GSAT0101, eingeschaltet. Die Signale des auch PFM (ProtoFlight Model) genannten Satelliten werden seitdem unter der Satellitennummer E11 von einigen GNSS-Stationen aufgezeichnet. Wenige Tage später wurde zusätzlich zu dem E1-Signal auch erstmalig das E5-Signal ausgestrahlt. Aufgrund der mangelnden Synchronisation mit der Galileo-Systemzeit (GST) ergaben sich zunächst unplausible Messwerte, wie z.B. beitragsmäßig große, negative Pseudodistanzen.

E1-Signale des zweiten Satellit GSAT0102, auch FM2 (Flight Model 2) genannt, wurden erstmalig am 16. Januar dieses Jahres aufgezeichnet, E5 ebenfalls wenige Tage später. Dieser Satellit wird unter der Satellitennummer E12 geführt.

Der Start der nächsten beiden IOV-Satelliten steht weiterhin für August dieses Jahres im Startkalender.

Am 2. Februar wurden in London mehrere für Galileo wichtige Verträge zwischen der ESA und drei europäischen Firmen unterschrieben. Dies war zum einen der Vertrag mit der OHB System AG in Bremen zum Bau von weiteren acht Galileo-Satelliten, mit einem Volumen von 250 Millionen Euro. Damit ist der Aufbau der vollen Konstellation gewährleistet. Für die damit notwendigen Startkapazitäten wurde in einem weiteren Vertrag mit Ariespace eine Reservierungsoption für bis zu drei Starts der Ariane 5-Rakete für 30 Millionen Euro gebucht. Damit können je vier Satelliten gleichzeitig in die Umlaufbahn geschossen werden. Bisher wurden jeweils nur zwei Satelliten mit der russischen Soyuz ins All gebracht. Die notwendigen Adaptionen an der Ariane 5 zur Aufnahme der vier Satelliten soll die Firma EADS-Astrium fertigen; der Auftragswert dafür beläuft sich ebenfalls auf 30 Millionen Euro.

Einen weiteren Erfolg „feierte“ Ariespace mit dem erfolgreichen Start der ersten VEGA-Rakete. Diese europäische Rakete startete am 13. Februar von Kourou, um unter anderem den Laserrelativitätssatelliten LARES in den Orbit zu bringen. Neben Ariane und Soyuz verfügt man mit Vega jetzt auch über einen Raketentyp für kleinere Nutzlasten.

IONOSPHERENAKTIVITÄT

Das „Marshall Space Flight Center“ der Nasa hat die Voraussagen für das Maximum des momentanen Sonnenfleckenzyklus Nummer 24 und die damit verbundene Aktivität der Ionosphäre korrigiert. Man prädiziert das Erreichen des Maximums nun bereits für Februar 2013, drei bis vier Monate früher als bisher angenommen. Es werden etwa 59 Sonnenflecken erwartet, damit wird dieser Zyklus der schwächste seit 100 Jahren werden.

Der 24. Zyklus begann vor etwa drei Jahren. Mit dieser Vorlaufzeit, gerechnet ab dem letzten Sonnenfleckenminimum, werden die Prädiktionen bereits sehr genau. Die Verfahren beruhen auf der genauen Beobachtung der vorherigen Verläufe: Es werden empirische Beziehungen zwischen der Länge, dem Niveau der Aktivität beim letzten Minimum und der Größe des letzten Zyklus ausgewertet. Zudem gelten Messungen der Änderungen im Erdmagnetfeld vor und während eines Minimums als weitere, sehr zuverlässige Indikatoren. Der genaue Mechanismus zwischen diesen Variationen und der folgenden Sonnenaktivität ist aber bisher nicht geklärt. Nähere Informationen und Vorhersagen findet man im Internet unter solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml.

ABSCHAFFUNG DER SCHALTSEKUNDE VERTAGT

Die ITU-Radiokommunikationsversammlung hat auf ihrer Tagung in Genf Ende Januar 2012 entschieden, die Entwicklung einer kontinuierlichen Zeitskala ohne Schaltsekunden vorläufig aufzuschieben. Grund waren die Einsprüche einiger Staaten, die noch Zeit für genauere Untersuchungen zu den möglichen Folgen benötigen. Es wurde daher beschlossen, diese Frage auf der nächsten Weltradiokommunikationskonferenz im Jahre 2015 erneut zu behandeln und erst dann eine Entscheidung zu treffen. Damit wird es voraussichtlich am 30.6. dieses Jahres zur Einführung einer weiteren Schaltsekunde kommen.

BERICHT „IGS WORKSHOP ON BIAS CALIBRATION“

Am 18. und 19. Januar dieses Jahres fand in der Schweiz ein Workshop statt, der sich mit der Problematik systematischer Abweichungen zwischen den Navigationssystemen oder innerhalb eines GNSS beschäftigte. Der Leiter der IGS-Working Group „Bias and Calibration“ hatte an die Universität Bern eingeladen, um Erfahrungen auszutauschen und Strategien zur besseren Handhabung zu erörtern. Da an den beiden Tagen zuvor das RTCM Special Committee-104 „Differential Global Navigation Satellite Systems“ (DGNSS) an gleicher Stelle getagt hatte, konnten auch viele Vertreter der Hersteller geodätischer GNSS-Ausrüstung an dem Workshop teilnehmen.

Nachdem jeder der ca. 35 Teilnehmer die Gelegenheit hatte, seine Gründe für die Teilnahme an dem Workshop und seine Erwartungen zu äußern, eröffnete S. Schaer mit einem Übersichtsvortrag zur Problematik der Biase. Er wies darauf hin, dass im Allgemeinen die Differenzen von Code-Biases betrachtet werden und dass die Rekonstruktion der Einzelbiase nicht ohne Annahmen möglich ist.

Im folgenden Block stellten einige der IGS-Analysezentren (R. Dach, AIUB; M. Uhlemann, GFZ; S. Loyer, CNES) ihre Modelle

und Auswertestrategien zur GLONASS-Bias- und -Uhrenschätzung vor. *R. Dach* verglich anschließend die GLONASS-Uhrenkorrekturen der einzelnen ACs miteinander, im Wesentlichen durch Differenzbildung. Die rms-Werte dieser Differenzen lagen zumeist in der Größenordnung von 5 ns. Zum Abschluss des Blocks beleuchtete *J.-M. Sleewaegen* die „inter-channel Biases“ von der Herstellerseite aus. Die Phasenbiase werden durch die digitale Signalprozessierung induziert. Sofern die Werte bekannt (z. B. kalibriert worden) sind, können sie z. B. in der Receiver-Firmware kompensiert werden.

Mit diesem Vortrag wurde zugleich die Brücke zur nächsten Session geschlagen, die sich mit den Phasen-Biases beschäftigte (*S. Loyer, G. Zyrianov*). Diese sind aus geodätischer Sicht bedeutsam, weil nur durch die Bestimmung und Fixierung der ganzzahligen Phasenambiguitäten die anvisierte hohe Genauigkeit erzielt werden kann.

Zu Beginn des zweiten Tages stellte *S. Schaer* einige Vergleiche zu GLONASS-Biases zwischen den IGS-Analysezentren vor. Er hob hervor, dass es immer noch kein kombiniertes GLONASS-Uhrenprodukt im IGS gibt. Die folgenden vier Vorträge beschäftigten sich mit GNSS-Phasenbiases. *N. Teferle* verglich verschiedene Verfahren zur Ambiguitätenfixierung für Precise Point Positioning. In einem Verfahren werden die „fractional cycle biases“ (FRC) bestimmt, im anderen die „integer recovery clocks“ (IRC). Gemeinsam ist ihnen das zweistufige Verfahren, zunächst „wide lane“ und dann „narrow lane“. *J. Tegeedor* untersuchte für die Ambiguitätenbestimmung den „uncalibrated hardware delay“, ebenfalls über das zweistufige Verfahren. *L. Wanninger* zeigte in seinem Beitrag interessante Beispiele zum Zusammenwirken von Empfänger-/Antennenkombination.

Die einzelnen Beiträge sind auf einer Webseite des AIUB zu finden (<http://www.biasws2012.unibe.ch/presentations.html>).

Prof. Dr.-Ing. Matthias Becker

INSTITUT FÜR PHYSIKALISCHE GEODÄSIE
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Petersenstraße 13 | 64287 Darmstadt
E-Mail: becker@ipg.tu-darmstadt.de



Dr.-Ing. Wolfgang Söhne

BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND
GEODÄSIE

Richard-Strauss-Allee 11 | 60598 Frankfurt am Main
E-Mail: wolfgang.sohne@bkg.bund.de

