



– Information

**Erwin Groten
Andreas Mathes
Matthias Becker
Wolfgang Söhne**

**Aktuelle Informationen
zum Einsatz von Satelliten
im Vermessungswesen
und in der Navigation**

GPS-Satellitenstarts

Der nächste Start eines GPS-Satelliten ist vorerst für Mai 2005 vorgesehen. Dann soll der erste Satellit der neuen modernisierten GPS-Generation in den Orbit gebracht werden.

Der neue Satellit wird die Nummer GPS 2R-M1 tragen und das L2C-Signal als zweites ziviles Signal unverschlüsselt übertragen. Damit sind –geeignete Empfänger-Software vorausgesetzt – ionosphärische Korrekturen in Echtzeit möglich, die eine Positionierungsgenauigkeit von 1-3 m erwarten lassen. Der Start war zunächst für Dezember 2004 geplant und über Starttermine in Februar und März 2005 auf den Mai verschoben worden. Einen erfolgreichen Start vorausgesetzt, könnten die nächsten beiden Satelliten dieser Baureihe, M-2 und M-3, im Juli bzw. Herbst 2005 gestartet werden.

GLONASS-News

Die drei am 26. Dezember 2004 vom Kosmodrom in Baikonur, Kasachstan, gestarteten GLONASS-Satelliten sind erfolgreich in den Orbit befördert worden. Es handelt sich um zwei Satelliten älterer Bauart und einen neueren der M-Baureihe. Die drei Satelliten mit den Nummern 712, 796 und 797 wurden sämtlich in der Ebene 1 platziert und füllen dort die Slots 1, 7 und 8 aus. Somit ist diese Ebene jetzt wieder komplett gefüllt. Die Signale der beiden „älte-

ren“ Satelliten R01 und R08 sind seit dem 6. Februar aufzuzeichnen.

Damit wird die Anzahl nutzbarer GLONASS-Satelliten – keine Ausfälle vorausgesetzt – auf 14 steigen.

Sumatra-Beben

Das Seebeben vom 26. 12. 2004, 00:58:49 UTC Herdzeit, 3.1 °N, 96.2 °E Epizentrum vor der Küste Nord-West-Sumatras mit einer Stärke von 8.9 bzw. 9.0 – je nach Quelle – hat Mess- und Auswertverfahren aus den Bereichen der Geowissenschaften und auch der Geodäsie in den Blickpunkt öffentlichen bzw. Medieninteresses rücken lassen.

Das Beben ereignete sich im Bereich des Zusammentreffens von indisch-australischer Platte und Sunda-Platte. Die Art der Kollision dieser beiden Platten gehört zum Typ der Subduktion: die indisch-australische Platte taucht dabei unter die Sunda-Platte ab. Im vorliegenden Fall handelte es sich aber um eine Art „verhakte“ Subduktion: das Abtauchen der einen Platte unter die andere kam, vermutlich durch Reibung, zum Stocken. Dadurch entstanden die enormen Spannungen, die sich im Dezember entladen haben.

Aus seismischen Aufzeichnungen konnte nachvollzogen werden, dass sich die Bruchzone vom Hypozentrum des Bebens, das in ca. 36 km Tiefe lag, von 3 ° nördlicher Breite bis ca. 15 ° auf einer Länge von 1000-

1200 km nach Norden ausdehnte. Dieser Vorgang dauerte ca. 480 Sekunden an. Die Größe der dabei entstandenen Verwerfungen wird mit ca. 5 m am Hypozentrum angegeben, während sie im weiteren Verlauf der Bruchzone nach Norden auf bis zu 10 m anwuchsen. In manchen Medienberichten war allerdings auch von Verwerfungen in der Größenordnung von 30-35 m die Rede. Das vom GeoForschungs-Zentrum Potsdam und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie in den 90er Jahren durchgeführte Projekt GEODYSSSEA, welches das jetzt betroffene Gebiet umfasste, ermittelte eine relative Geschwindigkeit von 3.4 bis 4.4 cm pro Jahr zwischen den beiden Platten. Dabei lag die Richtung dieser Geschwindigkeit in einem Winkel von etwa 45 Grad zur Kollisionszone. Da das letzte große Beben in der Region für das Jahr 1861 dokumentiert wurde, ergibt sich, diese Geschwindigkeit zugrunde gelegt, eine Verwerfung von mindestens 4.8 m, die sich jetzt abrupt entladen hat.

Das Beben in Südasiens war das stärkste Beben der letzten 40 Jahre und somit auch seit Einführung des Internationalen GPS-Dienstes (IGS). Dadurch konnten nun erstmalig auch bestimmte Phänomene zahlenmäßig nachgewiesen werden. Die im Osten Sumatras gelegene GPS-Station Sampali (SAMP) hat sich nach vorläufigen Auswertungen amerikanischer Forscher um ca. 13 cm (relativ zur Sta-

tion NTUS in Singapur) in westlicher Richtung verändert.

Dänische Kollegen berichteten im Februar von ca. 36 cm Verschiebung verschiedener Stationen. Bereits wenige Tage nach dem Beben veröffentlichten Schweizer Forscher Zahlen, nach denen sich Auswirkungen des Bebens auf die Erdachse gezeigt hätten. Die aus der IGS-Analyse berechnete Position der Erdrotationsachse, die sogenannten Polkoordinaten, wich um ca. 8 cm von der präzidierten Position ab. Da es jedoch auch zu anderen Zeiten zu größeren Abweichungen von der vorhergesagten Bewegung kommt, sind einige Wissenschaftler skeptisch, was die alleinige Zuordnung der detektierten Abweichung zu dem Sumatra-Beben betrifft. Die Tageslänge hat sich ebenfalls verändert: nach Auswertungen amerikanischer Forscher beschleunigte sich die Erdrotation, die Erdtage sind ca. 3 Mikrosekunden kürzer geworden. Begründung dafür ist, dass die Erde nach dem Beben geringfügig „kompakter“ geworden sei, einhergehend mit einer sehr geringen Abnahme der Abplattung. Spekuliert wurde zudem über Auswirkungen auf die Bahnen der GPS-Satelliten selbst.

Ebenfalls erstmalig nachgewiesen werden konnte der Effekt, dass die Erde durch ein Tiefenerdbeben dieser Größe in Resonanz versetzt wird. Die sphäroidale Mode ρS_0 , deren Länge von 20.5

Minuten längst bekannt war, konnte in Seismometer- und Gravimeterdaten nachgewiesen werden. Die Dämpfung ist relativ schwach, so dass dieser Effekt vermutlich einige Wochen oder Monate anhalten wird.

Die große Zahl an Opfern ergab sich jedoch nicht durch das Beben selbst, sondern durch die von ihm ausgelöste große Welle, den Tsunami. Charakteristisch für einen Tsunami ist, dass das Wasser selbst dabei nicht verschoben wird (bzw. nur in Größenordnung einiger (ca. 20) m), sondern dass die Energie der Wellen weitergegeben wird. Man hat es mit einer starken horizontalen, aber nur kleinen vertikalen Amplitude zu tun, sofern man sich im Bereich ausreichender Tiefe des Ozeans befindet.

Diese Wellenhöhe betrug – anfänglich, später abnehmend – nur ca. 60 cm und konnte aus den Daten verschiedener Altimetersatelliten (Envisat, Jason, Topex/Poseidon und Geosat) verifiziert werden. In Ufernähe jedoch, wenn die Ozeantiefe abnimmt, ergibt sich eine starke vertikale Amplitude in der Größenordnung von +5 m bis zu –5 m. Letzteres führte deshalb auch zu dem von Augenzeugen beobachteten starken „Ebbe-Effekt“, dass sich nämlich das Meer in bisher dort nicht beobachteter Weise zurückzog.

Das Beben vom 26. Dezember 2004 wird die Menschen noch lange Zeit beschäftigen. Auch aus dem Bereich der Geowissenschaften werden – nach sorgfältiger Auswertung der zur Verfügung stehenden Daten – noch einige Analysen zu erwarten sein.

Neues von Galileo

Bei dem Treffen der europäischen Verkehrsminister Mitte Dezember 2004 wurde die Weiterführung des Galileo-Systems in seine Entwicklungs- und operationelle Phase beschlossen. Das Galileo Joint Undertaking wurde

aufgefordert, den zukünftigen Betreiber des Galileo-Systems auszuwählen. Bis Ende 2005 sollen die Verhandlungen mit dem Konzessionär dann abgeschlossen sein, so dass die für 2008 vorgesehene Inbetriebnahme noch erreicht werden könnte. Im Moment sind noch zwei Anbieter im Rennen, Eureka und iNavsat, die jeweils aus unterschiedlichen Konsortien der europäischen Raumfahrtindustrie bestehen.

Ebenfalls im Dezember hat die Galileo Industries GmbH mit der Raumfahrtorganisation ESA einen Vorvertrag über 150 Mio. € abgeschlossen, der die sog. In-Orbit-Validation (IOV)-Phase beginnt. Diese Phase soll, bis Ende 2008, die ersten vier Satelliten und die Bodeninfrastruktur umfassen. Zuvor soll Ende 2005 der erste Testsatellit an Bord einer Soyuz-Rakete ins All gebracht werden.

Das Service-Angebot von Galileo bleibt bei den vorgesehenen fünf Diensten: Offener Service, Service mit Zusatzdiensten, „Safety of Life“, Such- und Rettungsdienst, sowie dem „Public Regulated Service“. Bei letzterem wurde im Statement erstmals neben der Nutzung durch die Sicherheitsdienste von einer möglichen Nutzung durch Militärs gesprochen.

Weiterhin gab es eine Empfehlung, eine Aufsichtsbehörde zur Klärung der sicherheitskritischen Aspekte bei Galileo einzusetzen, die sich aus den Vertretern der beteiligten EU-Staaten und der Europäischen Raumfahrtbehörde zusammensetzen soll.

Ebenfalls angesprochen wurde die Kostenfrage. Die endgültigen Kosten durch den Betrieb, die auf den öffentlichen Sektor zukommen, sollen abgeschätzt werden und Verteuerungen – im Hinblick auf die Probleme bei der Signaldefinition und den in der Entwicklungsphase auftretenden Verzögerungen – kategorisiert werden.

Dies könnte eine Reaktion auf die mit zurückhaltend bis kritisch einzustufende Reaktion sein, die sich bei der Diskussion der Beteiligung von England an Galileo im britischen Parlament ergab. Der Bericht der Parlamentarier spricht von einer unklaren Finanzierungsschätzung und einem zu optimistischen Zeitplan. Wörtlich heißt es, dass man ein sehr großes Vertrauen haben müsste, um den Annahmen der EU zu folgen und die nächste Finanzierungsstufe zu genehmigen. Es gäbe kein klares Konzept, wie der private Teil der „Public-Private Partnership“ überhaupt Geld verdienen könnte, die Kosten würden generell unterschätzt, ebenso wie der Zeitbedarf und die rechtlichen Probleme.

Rechtsstreit um Namen „Galileo“

Einen möglicherweise verhängnisvollen Rechtsstreit um Namensrechte hat eine in der Karibik beheimatete Firma der IT-Branche vor dem Oberlandesgericht München gewonnen. Das deutsche Unternehmen EADS Astrium GmbH darf danach den Namen „Galileo“ künftig nicht mehr verwenden, da die karibische Firma die älteren Rechte an dem Namen habe. Bereits in der ersten Instanz war EADS unterlegen gewesen.

Die Situation wird dadurch etwas unübersichtlich, weil die karibische Firma andererseits gegen das Konsortium Galileo Industries in einem anderen Verfahren in erster Instanz in Brüssel unterlegen war.

Ob die in München unterlegene Partei Beschwerde gegen die Nichtzulassung der Revision einlegen wird bzw. inzwischen eingelegt hat, war noch nicht bekannt.

Neue GPS-Politik der US-Regierung

Die US-amerikanische Regierung unter Präsident

Bush hat eine neue Richtlinie zur GPS-Politik herausgegeben und damit die alte, noch von der Clinton-Administration stammende von 1996 abgelöst.

Kernpunkt ist die Ersetzung des „Interagency GPS Executive Boards“ durch ein höherrangiges Exekutivkomitee unter der Leitung der stellvertretenden Verteidigungs- und Transportminister. Für dieses neue „Positioning, Navigation and Timing“ (PNT)-Komitee werden erweiterte Richtlinien für die Behandlung von sicherheitskritischen Aspekten im Falle von feindlicher oder terroristischer Nutzung des GPS festgelegt. Alle wesentlichen Behörden, welche die Fragen der amerikanischen nationalen Sicherheit betreffen, sind beteiligt.

Die neue Direktive bestätigt aber auch die Verpflichtung der USA, GPS kostenlos und unbeschränkt für die zivile Nutzung zur Verfügung zu stellen und die entsprechenden technischen Spezifikationen zu veröffentlichen. Die neue Direktive enthält darüber hinaus aber auch die Verpflichtung, kritische Infrastrukturanwendungen der USA mit alternativen Verfahren sicherzustellen, falls GPS aus Sicherheitsgründen gestört oder abgeschaltet werden muss.

Vereinbarungen zu GPS- bzw. GPS-GLONASS-Zusammenarbeit

Anlässlich des Besuchs von Präsident Putin in Indien im Dezember 2004 unterzeichneten Russland und Indien eine Vereinbarung zur Zusammenarbeit beim Bau, Start und Nutzung von GLONASS-Satelliten. Die Vereinbarung umfasst sowohl den zivilen als auch den militärischen Bereich. Am konkretesten ist dabei der Plan, GLONASS-Satelliten mit indischen Trägerraketen in den Orbit zu befördern.

Ebenfalls im Dezember 2004 trafen sich US-amerikani-

sche und russische Delegationen in Washington zu Gesprächen über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der beiden Navigationssysteme. Sie vereinbarten die größtmögliche Zusammenarbeit auf den Gebieten der zivilen Nutzung, um Kompatibilität und Interoperabilität zu gewährleisten. Hintergrund dürfte dabei sicherlich die Positionierung gegenüber dem zukünftigen – kommerziellen – Galileo-System sein.

Im November letzten Jahres gab es außerdem eine neue Vereinbarung zwischen den USA und Japan zur Zusammenarbeit bei der Nutzung von GPS. Diese erneuert die Vereinbarung zwischen beiden Ländern aus dem Jahre 1998. Japan stellte dabei die Pläne für sein „Quasi-Zenith Satellite System“ (QZSS) vor. Dieses aus mehreren geostationären Satelliten bestehende Satellitenpositionierungssystem soll, ebenso wie das bereits in der Realisierungsphase befindliche „MTSAT Satellite-based Augmentation System“ (MBAS), die Nutzer im pazifischen Raum mit regionalen Diensten versorgen. Der Start dieses zweiten „Multi-functional Transport Satellite“ ist für Ende Februar vorgesehen gewesen (nach Redaktionsschluss), MTSAT-1R soll den 1999 verloren gegangenen ersten Satelliten ersetzen. Ursprünglich war der Start des neuen Satelliten für das Jahr 2003 vorgesehen.

Ntrip-Applikation im Handy

Nachdem das Ntrip-Format von der Special Commission 104 des RTCM zum offiziellen Standard erklärt wurde (vgl. GNSS-Information der AVN-Ausgabe 01/2005; siehe auch www.rtc.org/publications), hat eine Firma jetzt dieses Protokoll in

eine Anwendung für Mobiltelefone umgesetzt. Dadurch erspart man sich die Verwendung eines Laptops oder Handheld-Computers und kann über die serielle Schnittstelle direkt die Ntrip-DGPS-Korrekturdaten vom Mobiltelefon zum GPS-Empfänger übertragen. Über Tasten und Display im Telefon werden die notwendigen Eingaben zum Einloggen in einen Ntrip-Server, die Auswahl der Referenzstation und alle weiteren Einstellungen getätigt. Im Moment gibt es die Software nur für Motorola Mobiltelefone der V-Serie (www.4cell.net).

Games und GPS

Um zu immer realistischeren Computerspielen zu kommen, hat ein Hersteller jetzt erstmals seine Spielkonsole mit einem GPS-Empfänger ausgestattet. Damit soll es möglich sein, abhängig vom tatsächlichen Standort des Spielers den Spielverlauf an die tatsächliche Umgebung, z.B. die Stadt, in der man sich befindet, anzupassen (www.gizmondo.com).

Software-Receiver

Mit zunehmender Rechenleistung der Mikroprozessoren können bisher in anwenderspezifisch entwickelten, integrierten Schaltkreisen fest verdrahtete Algorithmen zur Signalprozessierung durch Standard-Mikroprozessoren und entsprechenden Software übernommen werden. Im Zusammenhang mit GNSS bedeutet dies, dass die Signalerfassung, die Signalverfolgung und die damit verbundenen Korrelationsrechnungen nun auf leistungsstarken Standard-PCs durchgeführt werden können. Dies wird mit „Software-Receiver“ bezeichnet und es gibt inzwischen einige kommerzielle Angebote für solche Empfänger.

Diese Empfänger bestehen aus einem so genannten „Front-End“, d.h. der Antenne mit Signalvorverarbeitung, und aus einem Softwarepaket, das den Empfänger realisiert.

In dem analogen Teil wird nach einer Vorverstärkung und Filterung die GPS L1- oder L2-Grundfrequenz aus dem Gigahertzbereich in den Bereich von 2 bis 8 Megahertz heruntergemischt. Dieses Signal kann dann mit Hilfe eines leistungsstarken digitalen Signalprozessors digitalisiert und entweder als Datenstrom für Echtzeitprozessierung verwendet oder zur Postprocessing-Analyse gespeichert werden. Dabei wird je nach Genauigkeitsanforderung und Anwendung eine Datenrate von 2 bis 20 MHz generiert. Mit diesem Datenstrom, der meist über USB zum leistungsstarken PC transferiert wird, kann eine Vielzahl von Anwendungen bedient werden. Typische Anwendungen sind die Weiterentwicklung von Korrelationsalgorithmen zum Tracking, spezielle Positionierungslösungen wie z. B. in der Kombination mit Mobiltelefonen und generell die Optimierung der Navigationsrechnung.

Auf der Basis eines aufgezeichneten Zwischenfrequenzbeobachtungssatzes mit 8 MHz Datenrate können auch hochpräzise Anwendungen zur optimalen Phasemessung, Multipath-Vermeidung und Anpassung an verschiedene Dynamik-

Situationen getestet und optimiert werden. Speziell auch in der Integration, zur Kombination z. B. mit Inertialsensoren können die digitalen Signale als Basis für eine enge Kopplung der verschiedenen Sensortypen optimal genutzt werden.

Die Programmierung des Software-Receiver ist sehr aufwändig und bedarf sehr guter Kenntnisse in Signalverarbeitung und Elektrotechnik. Für einfache Positionierungsanwendungen wird daher oft auch schon eine Standard-Auswertesoftware angeboten, die die Grundaufgaben Positionierung, Phasemessung, Darstellung einzelner Beobachtungsreihen und -typen erlaubt. Auch damit können schon Tests und Optimierungen für spezielle Anwendungsfälle durchgeführt werden.

Der Software-Receiver ist im Moment ein Entwicklungstol für die verschiedenen Aufgaben der Empfängerentwicklung, Sensor-Integration und Optimierung der Signalverarbeitung. Neue Signale können im Rahmen von Simulationen im Zwischenfrequenzbereich erzeugt werden und mit dem Software-Receiver analysiert und optimiert werden.

Wann der Software-Empfänger in den Massenmarkt der Positionierungsaufgaben Einzug hält, wird von der PC-Prozessorentwicklung, d.h. der Verfügbarkeit der entsprechenden hohen Rechnerkapazitäten abhängen.

REDAKTION

Institut für Physikalische Geodäsie	Tel.:
Prof. Dr.-Ing. Matthias Becker	061 51 – 16 31 09
Technische Universität	Fax.:
Petersenstr. 13 · 64287 Darmstadt	061 51 – 16 45 12

www.tu-darmstadt.de/fb/bi/ipgd/astro.html