

# GNSS-Information

## GPS – NEWS

Ende vergangenen Jahres war es endlich so weit: Der erste GPS-III-Satellit wurde gestartet. Der Start erfolgte von Cape Canaveral aus mit einer Falcon-9-Rakete der Firma SpaceX. Der ursprünglich für den 18. Dezember vorgesehene Start musste kurzfristig mehrfach verschoben werden. Ursache waren zunächst anomale Werte eines Sensors in der ersten Raketenstufe. Nachdem diese als unkritisch eingestuft worden waren, verzögerten schlechtes Wetter und starke Winde den Start. Schließlich fand der Start des auch „Vespucci“ genannten Satelliten am 23. Dezember um 13.51 Uhr GMT statt. Anders als bei vergleichbaren SpaceX-Falcon-9-Flügen wurde bei dieser Mission darauf verzichtet, die erste Raketenstufe wieder auf einer Plattform zu landen. Der Betreiber wollte auf „Nummer sicher“ gehen und den gesamten zur Verfügung stehenden Treibstoff für den Satelliten, immerhin rund 2300 kg schwer, verwenden. Um die erste Raketenstufe zu landen, wird jedoch eine gewisse Restmenge Treibstoff benötigt.

Ehe der neue Satellit mit der SVN74 für die GPS-Gemeinde nutzbar sein wird, wird er intensiven Tests unterzogen. Diese können dem Vernehmen nach von sechs Monaten bis zu einem Jahr dauern. Er wird den PRN-Code 04 verwenden. Dieser Code war seit dem 10. Oktober letzten Jahres, offensichtlich vorübergehend, wieder vom SVN36 verwendet worden. Unabhängig von diesen Tests wurde der Satellit am 9. Januar aktiviert.

Die Starts der nächsten beiden GPS-III-Satelliten waren bereits terminiert worden, für den 4. April und für Oktober dieses Jahres. Dabei scheint die US-Luftwaffe die Reihenfolge der beiden Satelliten zu tauschen: Der dritte GPS-III-Satellit wird bereits im April gestartet, mit einer Delta-4-Rakete der ULA, der zweite im Oktober mit einer Falcon-9-Rakete. Diese beiden Satelliten sind mit den Spitznamen „Magellan“ und „Columbus“ belegt worden. An anderer Stelle ist jedoch von Startterminen im Sommer bzw. Dezember des Jahres die Rede. Zumindest der Apriltermin scheint sehr fraglich zu sein.

## GLONASS – NEWS

Am 3. November letzten Jahres wurde ein weiterer Glonass-Satellit gestartet. Der Start von Glonass M-757 erfolgte mit einer Soyuz-2.1B-Rakete vom bewährten Kosmodrom in Plesetsk aus. Der Satellit wurde in der Ebene zwei platziert. Sein Start war unter anderem deshalb bedeutsam, um die Konstellation von 24 operationellen Satelliten zu gewährleisten. Glonass-M-Satellit 754 war überraschend im Herbst aus der Konstellation genommen worden. Mit rund viereinhalb Jahren hatte er die erwartete Lebensdauer im All von sieben Jahren nicht annähernd erreicht.

Für Mitte 2019 sind die Starts zweier weiterer Glonass-K2-Satelliten vorgesehen. Der erste K2-Satellit wird weiterhin Tests unterzogen und ist nicht Teil der aktuellen Konstellation.

Darüber hinaus scheint es in Russland Überlegungen zu geben, sechs weitere Glonass-Satelliten zu starten, jedoch in zur bisherigen Konstellation abweichenden Bahnen. Damit möchte man eine bessere Abdeckung für das Staatsgebiet Russlands erreichen.

## GALILEO – NEWS

Seit dem 12. Oktober vergangenen Jahres sind alle vier Galileo-Satelliten, die im Dezember 2017 gestartet worden waren, offiziell für die operationelle Nutzung zugelassen. Die Satelliten mit den Nummern GSAT0215 bis 0218 erhielten die PRN-Nummern E21, E25, E27 und E31. Die entsprechenden Slots sind A03, A07, A04 und A01. E31, E25 und E27 waren gemäß Galileo-Nutzermitteilung (Nagu) bereits seit dem 2. August nutzbar.

Die im Juli vergangenen Jahres gestarteten vier Satelliten befinden sich noch in der Testphase. Allerdings konnten erste Signale bereits temporär empfangen werden. Da diese die Satellitennummern 33 bis 36 verwenden, sollten Stationsbetreiber rechtzeitig überprüfen, ob ihre Empfängerfirmware Satellitennummern höher als 32 unterstützt.

Derweil arbeitet die European Space Agency (ESA) an der Vollständigkeit bzw. Modernisierung der verschiedenen Kontroll- und Steuerinstrumente. Im September 2018 wurde ein Vertrag mit der spanischen Firma GMV zur Modernisierung des Galileo Ground Control Segment (GCS) unterzeichnet. Das GCS ist verantwortlich für Monitoring und Kontrolle der Galileo-Satelliten. Es umfasst die beiden Kontrollstationen in Oberpfaffenhofen und Fucino sowie die Uplink-Stationen zu Telemetrie, Tracking und Steuerung (TT&C). Das GCS ist das Herz des Galileo-Bodensegments und garantiert mit seinen Tracking- und Dopplermessungen die Überwachung der Orbits und die für Kommandos und Kommunikation mit den Satelliten notwendigen Up- und Downloads. Die im Zeitraum von drei Jahren geplante Modernisierung beinhaltet u. a. die Erhöhung der Anzahl der kontrollierten Satelliten auf 41 und die Installation einer zweiten, neuen TT&C-Station am Ariane-Startplatz in Kourou.

Die US Federal Communications Commission (FCC) hat Mitte November letzten Jahres eine wichtige Entscheidung gefällt. Nunmehr ist die Nutzung von Galileo in den USA offiziell erlaubt. Bislang war es nicht gestattet, Bodenstationen, zu denen in diesem Zusammenhang auch Navigationsgeräte und Smartphones zählen, mit einem nicht-amerikanischen Navigationssystem zu verbinden.

Die Genehmigung bezieht sich auf E1 und E5, jedoch nicht auf das E6-Signal. Diese Frequenz liegt nicht in dem für Radionavigation geschützten Bereich. Die US-Behörden wollen daher zum einen keine Gewähr für eine ungestörte Nutzung übernehmen und zum anderen auch nicht das Tor für weitere Nutzer in diesem Bereich öffnen. US- und europäische GNSS-Industrie haben hier widersprochen und weitere Untersuchungen zu diesen Fragen angemahnt. Aus ihrer Sicht wäre es unsinnig, wenn man unterschiedliche Versionen mit und ohne E6-Empfangsmöglichkeit für USA und den Rest der Welt herstellen müsste.

## BEIDOU – NEWS

Im vergangenen Jahr wurden insgesamt achtzehn weitere chinesische Beidou-Satelliten gestartet. Nach den beiden in der letzten Ausgabe erwähnten, am 29. Juli gestarteten Satelliten gab es nicht weniger als fünf weitere Starts. Am 24. August, am 19. September sowie am 15. Oktober gab es jeweils einen Start, bei dem jeweils zwei Satelliten, M11 und M12, M13 und M14 bzw. M15 und M16, in die mittlere Bahnebene befördert wurden.

Am 1. November 2018 wurde ein Beidou-3-Satellit gestartet, bei dem es sich um den ersten geostationären Satellit der dritten Generation, oder Phase, handelt, als G1Q bezeichnet. Der Start erfolgte um 15.57 Uhr UTC von Xichang mit einer Rakete vom Typ Langer Marsch 3B. Der Satellit verfügte beim Start über die beachtliche Masse von rund 4600 kg. Am 18. November gab es dann einen weiteren Start, bei dem zwei Satelliten, M17 und M18, in die mittlere Bahnebene befördert wurden. Die Rakete vom Typ Langer Marsch 3B startete ebenfalls von Xichang aus.

Somit hat China inzwischen 43 Beidou-Satelliten ins All geschossen. Dazu zählen jedoch auch die experimentellen Satelliten der ersten Generation sowie diejenigen der zweiten Beidou-Generation. Der rasante Aufbau ist nicht zuletzt durch die Beteiligung von zwei Firmen am Bau der Satelliten möglich. Die MEO-Satelliten werden entweder bei der Innovation Academy for Microsatellites of the Chinese Academy of Sciences (IAMCAS) – bisweilen liest man auch Shanghai Engineering Center for Microsatellites (SECM) – oder der China Academy of Space Technology (CAST) gebaut. CAST gehört zu dem Hauptauftragnehmer des chinesischen Raumfahrtprogramms, der China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC). Eine weitere zu CASC gehörende Firma, CALT, ist für den Bau der Startraketen Langer Marsch 3A, 3B und 3C verantwortlich.

Für dieses Jahr sind nach bisherigen Kenntnissen sieben Starts von Beidou-3-Satelliten vorgesehen, drei Satelliten in geneigten Orbits und vier weitere Satelliten für die mittlere Bahnhöhe. Das Erreichen der vollen Konstellation mit 35 Satelliten ist für die erste Jahreshälfte 2020 geplant.

## QZSS – NEWS

Am 1. November vergangenen Jahres wurde das japanische Quasi Zenith Satellite System (QZSS) offiziell gestartet. Der japanische Premierminister Abe ließ es sich nicht nehmen, auf der offiziellen Zeremonie ein Grußwort zu sprechen. Die wirtschaftlichen Erwartungen an das System sind sehr hoch: Man erhofft sich in den kommenden Jahren neue Dienste in einem Gegenwert von über 39 Mrd. Euro, unter anderem durch Anwendungen im Bereich autonomes Fahren, präzise Landwirtschaft, Bankenwesen, Positionierungsdienste etc. Die QZSS-Konstellation ist so ausgelegt, dass mindestens einer der vier QZSS-Satelliten stets über dem Gebiet Japans sichtbar sein wird. Bis 2023 möchte Japan die Konstellation auf sieben Satelliten erweitern.

## WEITERE SATELLITENSTARTS

Während zum Jahreswechsel zwei spektakuläre Missionen das Medieninteresse beherrschten – eine chinesische, Chang'e 4, zu einem relativ nahen und bekannten Himmelskörper, dem Mond, mit der erfolgreichen Landung auf seiner Rückseite, die andere, die Sonde New Horizons der Nasa, mit dem 3000 km „nahen“ Vorbeiflug an einem sehr weit entfernten Himmelskörper, dessen wissenschaftlich-nüchterne Bezeichnung 2014MU69 durch den Spitznamen „Ultima Thule“ überlagert wird – gab es weitere interessante Satellitenstarts. Eine russische Soyuz-Rakete beförderte am 27. Dezember eine ganze Reihe von Kleinstsatelliten in den Orbit. Diese Satelliten waren sozusagen „Beipack“ zu zwei russischen Erdbeobachtungssatelliten. Während die Hauptlast in rund 522 km Höhe ausgesetzt wurden, gelangten die kleinen Satelliten in eine rund 60 km höhere Bahn. Acht Satelliten sind Schuhkarton-große Satelliten der Firma Spire zur Atmosphärenmessung und -sondierung. Die Firma hatte erst unlängst gezeigt, dass ihre Satelliten als erste weltweit auch Galileo-Signale zur Radiookkultation (GNSS-RO) verwenden können. Sie sind Teil eines größeren Gemeinschaftsprojekts der ESA, genannt Artes Pioneer „Space As A Service“, mit dem die operationelle und serviceorientierte Nutzung aller Satellitenbeobachtungen forciert werden soll. Mitte und Ende November hatte Spire bereits weitere seiner Kleinstsatelliten in den Orbit gebracht, vier mit einer indischen und zwei mit einer neuseeländischen Mission. Drei Satelliten stammen aus Deutschland, zwei aus Berlin und einer von der Universität Würzburg. Letzterer ist der vierte Experimentalsatellit der Würzburger Studierenden, UWE-4. Er testet einen neuen Antrieb für Kleinstsatelliten und wurde an der Universität Dresden entwickelt.

Am 7. November war, ebenfalls mit einer Soyuz-Rakete von Kourou in Französisch-Guyana aus, der Wettersatellit Metop-C gestartet worden. Sechs Jahre nach Metop-B und zwölf nach Metop-A verfügt Eumetsat, die europäische Wetterorganisation, nun über drei ähnliche Satelliten, die in rund 800 km Höhe auf einer polaren Bahn um die Erde kreisen.

## GPS-ROLLOVER

Am 6. April 2019 wird es ein Ereignis geben, das viele GNSS-Nutzer vermutlich – oder hoffentlich – nicht bemerken werden. Mit Beginn der GPS-Woche 2048 wird der Parameter für die GPS-Wochennummer in der GPS-Navigationsnachricht auf 0 zurückgesetzt. Grund dafür ist, dass es sich bei der Wochennummer um einen 10-bit-Parameter in der Navigationsnachricht handelt. Somit reichen die gültigen Werte von 0 bis 1 023. Der letzte – bzw. erste – Rollover ereignete sich am 21. August 1999, kurz vor der weitaus spektakuläreren Jahrtausendwende. Ältere Kollegen erinnern sich lediglich noch daran, dass „nicht alles glatt ging“. Inwieweit alle im Einsatz befindliche Ausrüstung und Auswertprogramme auf dieses seltene Ereignis korrekt reagieren, wird man in Kürze sehen. Eine detaillierte Beschreibung zum Hintergrund und zu den Effekten findet man unter [https://ics-cert.us-cert.gov/sites/default/files/documents/Memorandum\\_on\\_GPS\\_2019.pdf](https://ics-cert.us-cert.gov/sites/default/files/documents/Memorandum_on_GPS_2019.pdf).

## EU-RAUMFAHRTPROGRAMM FÜR 2021 BIS 2027

Die Europäische Union hat für die europäische Raumfahrt der kommenden Jahre ein Budget von 16 Mrd. Euro in Aussicht gestellt. Als wesentliche Gebiete werden Egnos, Galileo und Copernicus genannt, jedoch auch der Schutz gegen Weltraumschrott und das Monitoring des Weltraumwetters (Space Situational Awareness – SSA) und die sichere Kommunikation über Satelliten (Governmental Satellite Communication – Govsatcom).

## AUS FEHLSTARTS LERNEN

Dieses Motto konnte nun mithilfe der Galileo-Satelliten fünf und sechs erfolgreich genutzt werden. Durch eine Fehlfunktion der Soyuz-Oberstufe wurden sie beim Start 2014 in einen sehr elliptischen Orbit ausgesetzt, der eine Nutzung zur Navigation unmöglich machte. In mehrjähriger Arbeit des Satellitenkontrollzentrums der ESA konnten sie zwar in eine größere Bahnhöhe mit einer geringeren Exzentrizität verschoben werden. Allerdings ist noch nicht klar, ob sie damit für die nominelle Konstellation und zur Navigation nutzbar sein werden oder, wie bisher, nur für den Search-&-Rescue-Dienst von Galileo.

Ein Forschungsteam aus Physikern des französischen Observatoire de Paris Syrte und des deutschen Zarm Center of Applied Space Technology and Microgravity, Bremen, konnte nun allerdings aus dem missglückten Start wissenschaftlichen Nutzen ziehen. Zum ersten Mal seit 40 Jahren haben sie eine gesteigerte Genauigkeit in der Bestätigung der Einsteinschen Relativitätstheorie erreicht und in den renommierten Physical Review Letters veröffentlicht. Diese Theorie besagt, dass in Abhängigkeit vom Abstand zur gravitationserzeugenden Masse die Zeit infolge der Potenzialänderung langsamer oder schneller vergehen würde. Dieser „Red-Shift“ genannte Effekt konnte nun wegen der aufgrund der Exzentrizität auftretenden Änderung von etwa 8500 km in der Bahnhöhe der Satelliten sehr genau bestimmt werden. Eine große Rolle spielen dabei auch die hochgenauen Wasserstoff-Maser-Atomuhren im Satelliten und die hochgenaue Bahnbestimmung durch Satelliten-Laserentfernungsmessung.

Die ESA unterstützt aktiv die wissenschaftliche Nutzung ihrer Satelliten, koordiniert durch das Galileo Navigation Science Office, und auch durch regelmäßige Konferenzen zum „Scientific Use of Galileo“.

## IGS-WORKSHOP 2018

Bis vor einigen Jahren fand der IGS-Workshop in schöner Regelmäßigkeit alle zwei Jahre statt und die Orte wechselten sich mit ebensolcher Regelmäßigkeit zwischen Europa und den Vereinigten Staaten ab. Als der IGS beschloss, 2016 die Veranstaltungsorte aufzubrechen und die Veranstaltung erstmals nach Australien zu bringen, wich man vom bisherigen Rhythmus ab und legte die Veranstaltung bereits in den Februar. Knapp eineinhalb Jahre später



An der Hochschule Mainz ist im Fachbereich Technik, Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung zum nächstmöglichen Zeitpunkt folgende Planstelle zu besetzen:

## Professur (W2 LBesG) „Angewandte Geodäsie“

Die Stelleninhaberin oder der Stelleninhaber hat das Fachgebiet Vermessungswesen in Lehre, anwendungsnaher Forschung und Entwicklung, im Transfer und in der Weiterbildung zu vertreten. Wir suchen eine Persönlichkeit mit fundiertem Wissen und praktischen Erfahrungen in der angewandten Geodäsie.

Neben den allgemeinen dienstrechtlichen Voraussetzungen wird mindestens ein erfolgreich abgeschlossenes Studium im Bereich Geodäsie, Geoinformatik oder einer verwandten Disziplin vorausgesetzt. Die Bereitschaft Lehrveranstaltungen in Grundlagenfächern und im weiterbildenden Masterstudiengang „Geoinformatik“ abzuhalten sowie auch samstags zu lehren wird vorausgesetzt. Eine substantielle Mitarbeit in der akademischen Selbstverwaltung ist erforderlich.

Wir suchen eine forschungsstarke Persönlichkeit, die das eigene Profil in das Forschungsinstitut i3mainz einbringt. Das i3mainz steht hierbei mit seiner Infrastruktur und einer Vielzahl von Kooperationspartnern zur Verfügung.

Die Einstellungsvoraussetzungen für Professorinnen und Professoren ergeben sich aus § 49 HochSchG.

Der maßgebliche vollständige Ausschreibungstext ist verfügbar unter [www.hs-mainz.de/stellenangebote/](http://www.hs-mainz.de/stellenangebote/).



Bewerbungen senden Sie bitte bis zum 01.03.2019 mit folgendem Link:

<https://seafire.rlp.net/w/d/1a916f57601d43a096e4/>

traf man sich in Paris und weitere knapp eineinhalb Jahre später, Ende Oktober 2018, in Wuhan in China.

Wuhan ist als der chinesische Schmelztiegel für Geodäsie und Geoinformation bekannt. Die Universität wurde erst 1984 gegründet und bildet eine große Zahl von Geodäten aus. Viele wechseln anschließend als Ph.D.-Kandidaten zu Forschungseinrichtungen im In- und Ausland. Prof. Liu Jingnan, der ehemalige Präsident der Universität, wies in seinem Grußwort auf die Vielzahl von Beteiligungen seiner Universität am IGS hin, mit Referenzstationen, als Analyse- und als Datenzentrum.

Rund 300 registrierte Besucher wurden verzeichnet. Mehrheitlich kamen sie aus Wuhan selbst bzw. anderen chinesischen Städten. Jedoch hatten auch zahlreiche Wissenschaftler aus Europa, Nordamerika und Australien sowie einige wenige aus Südamerika den Weg nach Wuhan gefunden. Als Leitmotiv hatte der IGS „Multi-GNSS through Global Collaboration“ gewählt und das spiegelte sich in den allermeisten Beiträgen wider.

Das Vortragsprogramm wurde wieder durch zahlreiche Poster und Splinter-Meetings ergänzt. Die Splinter-Meetings, zwölf an der Zahl, stellen ein zentrales Element eines jeden IGS-Workshops dar, da in ihnen Probleme, Pläne und Arbeitsprogramme zu den einzelnen Themen diskutiert werden. Ebenfalls zu erwähnen sind die beiden Sitzungen des IGS Governing Boards, die am Tag vor und am Nachmittag nach dem Workshop stattfanden.

Der Veranstaltungsort war das Eastlake-Konferenzzentrum, in dessen großzügig dimensioniertem Hotel viele der Teilnehmer untergebracht waren und es somit eine Konferenz der kurzen Wege war.

In der ersten Keynote zum Thema Beidou erläuterte Prof. Yuanxi Yang die Historie des zunächst Compass genannten Systems mit den beiden Entwicklungsstufen BDS-1 und BDS-2. BDS-3 wird weitestgehend unabhängig von den vorherigen Entwicklungen gebaut und nach dem Vollausbau als eigenständiges System bewertet. Beidou-3 wird ein eigenständiges Referenzsystem, BDSC, erhalten, das mit dem ITRF konsistent sein soll. Er stellte einige der Dienste vor, die Beidou-3 bereitstellen wird, u. a. ein regionales PPP, ein globales SAR und einen regionalen Kommunikationsdienst. Für den PPP-Dienst werden die erforderlichen Korrekturen über die geostationären Satelliten abgestrahlt und sollen eine Genauigkeit von 20 cm nach 20 Minuten Einlaufzeit liefern.

Florian Dilssner wies in seinem Vortrag auf die Unterschiede zwischen den BDS-3-Satelliten der beiden Fabrikationen CAST und SECM hin, die beide jeweils acht der zum Zeitpunkt des Vortrags im Orbit befindlichen Satelliten gebaut haben.

In der zweiten Keynote zum Thema Beidou warf Prof. Liu Jingnan einen Blick voraus in die Zukunft von Beidou, zu BDS-4. Die Links zwischen den Satelliten, die es bereits bei BDS-3 gibt, sollen zukünftig statt im Ka-Band mit Lasern erfolgen, was eine Genauigkeitssteigerung auf 1 cm bringen soll. Neben den bisherigen Satellitenbahnen soll es bei BDS-4 auch eine große Anzahl von LEO-Satelliten geben; ihre Anzahl könnte bis zu 324 erreichen. Ebenso wird über optische Uhren nachgedacht.

Der IGS als der hochpräzise Service der weltweiten wissenschaftlichen GNSS-Gemeinde ist sehr an einer Bereitstellung verlässlicher Metadaten und Parameter für alle Konstellationen interessiert. In dieser Frage zeigten sich die Gastgeber offen und

versprachen, sich für eine Veröffentlichung bestimmter Parameter einzusetzen.

Die Vorträge und Posterpräsentationen werden, wie üblich, auf der Webseite des IGS veröffentlicht werden. Der nächste IGS-Workshop soll im August 2020 in Boulder, Colorado, in den USA stattfinden.

### 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 Soehne

BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE  
UND GEODÄSIE

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

