

# GNSS-Information

## GPS – NEWS

Für Juli dieses Jahres ist der Start des fünften GPS-III-Satelliten angekündigt worden. Dann soll von Cape Canaveral aus der von Lockheed Martin gebaute Satellit SVN78, der den inoffiziellen Zusatznamen „Neil Armstrong“ tragen wird, durch eine Space-X-Falcon-9-Rakete in den Orbit gebracht werden. Der zuletzt gestartete GPS-III-Satellit SVN77 war am 13. November vergangenen Jahres in den Orbit gebracht und am 2. Dezember mit dem PRN-Code G14 einsatzfähig geschaltet worden. Wie in der letzten Ausgabe schon angedeutet, wird SVN77 den Satelliten SVN44 (G28) in Ebene B und Slot 3 ersetzen. Zwei weitere GPS-III-Satelliten stehen noch für 2021 in der Startliste, konkrete Termine gibt es jedoch noch nicht. In Vorbereitung auf den ursprünglich für Anfang 2021 geplanten Start von SVN78 wurde der 1999 gestartete Satellit SVN46 (G11) in einen sogenannten Friedhofsorbit verschoben.

## GLONASS – NEWS

Der am 25. Oktober letzten Jahres gestartete Glonass-K-Satellit befindet sich offiziell weiterhin in der Testphase. Für dieses Jahr sind die Starts zweier weiterer Glonass-K2-Satelliten angekündigt, konkrete Starttermine sind jedoch noch nicht bekannt.

In diesem Jahr möchte Russland mit der Entwicklung des sogenannten „High-Orbit Space Complex“ (HOSC) beginnen. HOSC soll die Nutzung des CDMA-Signals und die Navigation unter ungünstigen Bedingungen verbessern. Dazu werden die Satelliten auf stark elliptische Umlaufbahnen gebracht. Ein erster Satellit soll 2025 startklar sein, bis Ende 2027 möchte man die Konstellation mit sechs Satelliten komplettieren.

## GALILEO – NEWS

Zum Ende des letzten Jahres gab es einen weiteren wichtigen Schritt beim Aufbau des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo. Seit dem 30. November 2020 steht die sogenannte Open Service – Navigation Message Authentication (OS-NMA) testweise zur Verfügung. Authentifizierung – das heißt, dass man der Navigationsnachricht und der Quelle, von der sie stammt, vertrauen kann – ist ein wichtiges Element in der Nutzung von GNSS-Beobachtungen im offenen Dienst. In der Galileo E1B-Nachricht (I/NAV) werden 40 bit, die für solche Zwecke reserviert wurden, mit einer digitalen Signatur versehen. Der größte Teil der Navigationsnachricht bleibt unverschlüsselt. Ebenso soll die Abwärtskompatibilität mit älteren Navigationsnachrichten erhalten bleiben. Herzstück von OS-NMA ist das sog. Tesla-Protokoll (Timed efficient stream loss-tolerant authentication). Eine genaue Erklärung zur Funktionsweise findet man z. B. unter <https://tinyurl.com/zpsvvhdd>. Als regulärer Dienst soll OS-NMA 2022 oder 2023 eingesetzt werden.

Das dazu relevante Space Interface Control Dokument (OS SIS ICD v2.0) wurde am 20. Januar 2021 veröffentlicht (<https://tinyurl.com/3kv64ufk>). Insbesondere werden darin die drei neuen Funktionen der I/NAV-Nachricht eingeführt. Dies sind die Reduzierten Takt- und Ephemeridendaten (RedCED), die Reed-Solomon-Daten zur Korrektur des äußeren Vorwärtsfehlers (FEC2) und das sekundäre Synchronisationsmuster (SSP). Diese neuen Funktionen stellen eine wichtige Weiterentwicklung der Galileo-Open-Service-Signale dar, die allen Nutzern einen robusteren und schnelleren Abruf der Uhr- und Ephemeridendaten ermöglichen, insbesondere Nutzern in schwierigen Umgebungen, und gleichzeitig eine schnellere Rekonstruktion der Galileo-Systemzeit (GST) ermöglichen. Diese Änderungen haben keine Auswirkungen auf ältere Nutzungen und Empfänger, da diese die bisher freien/reservierten Felder nicht verarbeiten.

Der Start der nächsten beiden Galileo-Satelliten – der einzige Start, der für dieses Jahr vorgesehen ist – ist zunächst um einen Monat nach hinten auf den September verschoben worden.

## BEIDOU – NEWS

Nachdem China Mitte letzten Jahres sein BDS offiziell in Betrieb genommen hatte, wurden zu Beginn dieses Jahres einige nationale Standards veröffentlicht, die die Verbreitung und Nutzung des Systems befördern und beschleunigen sollen. Die Standards umfassen die Gebiete Datenformat, Kartenanwendung, bodengestütztes Augmentierungssystem und Atomuhr.

## GEODE

Der öffentlich regulierte Dienst „PRS“ ist ein zentrales Element im Portfolio der Galileo-Dienste. Er soll autorisierten und ausgewählten Nutzern zur Verfügung stehen. Auch wenn Galileo als ziviles System konzipiert und kommuniziert wird und der PRS eine Technologie für z. B. kritische Infrastrukturen sein kann, ist er auch für das Militär sehr interessant. Ein neues großes EU-Projekt zur Entwicklung militärischer Galileo-PRS-Empfänger namens „Galileo for EU Defense“ (Geode) wurde nun vorgestellt (siehe z. B. <https://tinyurl.com/uuv392>). Ein Konsortium unter der Leitung der französischen Firma Orolia Systèmes & Solutions – einer speziellen Gründung der Firma Orolia – erhielt den mit rund 44 Mio. € ausgestatteten Auftrag zur Entwicklung von PRS-Empfängern, PRS-Antennen und PRS-Sicherheitsmodulen. 30 Firmen aus 14 EU-Mitgliedsstaaten, unter ihnen Deutschland, sind am Konsortium beteiligt. Darüber hinaus wurde bekannt, dass fünf EU-Mitgliedsstaaten das Projekt mit fast dem doppelten des EU-Volumens finanziell unterstützen. Das Projekt soll bis zum Jahr 2026 laufen.

## NEUER IONOSPÄRENDIENST

Die europäische GNSS-Behörde (GSA) informierte unlängst über einen neuen Dienst zur Ionosphärenvorhersage. Der neue Dienst der europäischen Kommission, IPS (Ionosphärenvorhersagedienst), soll ionosphärische Störungen vorhersagen und ggf. kompensieren. Dies ist für die GNSS-Nutzer wichtig, da ionosphärische Effekte eine wesentliche Störquelle bei der Nutzung der GNSS-Signale darstellen können – bis hin zu einer Unterbrechung des Signalempfangs. Jegliche Anwendung, bei der Sicherheitsaspekte eine große Rolle spielen, z. B. im Flugverkehr, könnte von diesem Service profitieren. Anwender werden ermuntert, beispielsweise ihre eigenen Vorhersagen mit den IPS-Produkten zu vergleichen. Die Produktpalette umfasst drei Gruppen: Sonnenaktivität, Ionosphärenaktivität und GNSS-Empfängerverhalten – bei diesem Produkt handelt es sich also um punktbezogene Informationen. Der Zugang zum Prototyp des IPS – es handelt sich ausdrücklich nicht um einen operativen Service – wird unter <https://ionospheric-prediction.jrc.ec.europa.eu> erreicht. Für den Zugriff auf die Produkte ist eine vorherige Registrierung erforderlich.

## ZWEITE GENERATION VON GALILEO-SATELLITEN BEAUFTRAGT

Im Mai 2018 leitete die EU-Kommission das Ausschreibungsverfahren ein, um im Rahmen eines Wettbewerbsdialogs eine erste Charge von zwölf Galileo-Satelliten der zweiten Generation zu beschaffen, mit dem Ziel, zwei Verträge (doppelte Quelle) mit jeweils sechs Satelliten zu unterzeichnen. Das Ausschreibungsverfahren wurde von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) per Delegation durchgeführt. Nach zwei Monaten detaillierter technischer und finanzieller Bewertung der Industrieangebote empfahl die ESA der Kommission, mit ThalesAleniaSpace (Italien) und Airbus Defence & Space (Deutschland) fortzufahren, die die besten technischen und finanziellen Angebote präsentiert hätten. Anschließend hat die Kommission die beiden Aufträge für jeweils sechs Satelliten im Gesamtwert von 1,47 Mrd. EUR an die beiden Unternehmen vergeben.

Der dritte Anbieter, die OHB System AG und Hersteller von bisher 38 Galileo-Satelliten (26 davon bereits gestartet), wurde nicht berücksichtigt. Trotz der sehr zufriedenstellenden Arbeit von OHB bei der ersten Generation von Galileo haben sich nun wieder die dominierenden Größen ThalesAleniaSpace und Airbus der europäischen industriellen Luft- und Raumfahrt Europas durchgesetzt. Dabei könnte auch die Tatsache, dass die Nutzlasten für die OHB-Satelliten der ersten Galileo-Generation von Surrey Satellite Technology Ltd. aus Großbritannien gebaut wurden, die nun durch den Brexit nicht mehr infrage kommen, eine Rolle gespielt haben.

Ziel dieses Auftrags ist es, Galileo im globalen Wettbewerb zu halten und es als eine der leistungsstärksten Satellitenpositionierungsinfrastrukturen der Welt zu etablieren und es gleichzeitig als Schlüsselement für die strategische Autonomie Europas zu stärken. Die ersten Satelliten dieser zweiten Generation sollen Ende 2024 in die Umlaufbahn gebracht werden. Ihre neuen Fähigkeiten beruhen auf hochinnovativen Technologien, wie z. B. digital konfigu-

rierbare Antennen, Verbindungen zwischen Satelliten, neue Atomuhrtechnologien und Einsatz vollelektrischer Antriebssysteme. Diese Satelliten werden die Genauigkeit von Galileo sowie die Robustheit und Widerstandsfähigkeit seines Signals verbessern, was für das kommende digitale Jahrzehnt sowie für mehr Sicherheit und militärische Nutzung von entscheidender Bedeutung sein wird.

## UK-GNSS – DETECTION

Die Beziehung zwischen der europäischen Union (EU) und der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA) in Bezug auf die Satellitennavigation muss einige Belastungen aushalten. Die Bemühungen der EU, die Rolle der GNSS-Behörde (GSA) zu stärken – die Umbenennung oder Überführung in EUSPA gehört sicherlich dazu – sind augenscheinlich. Der im Februar 2021 ausgeschiedene ESA-Generaldirektor Jan Wörner hat die verstärkte Zusammenarbeit zwischen ESA und EU als eine der großen Herausforderungen der europäischen Raumfahrt benannt. Eine besondere Rolle spielt dabei sicher das Vereinigte Königreich nach seinem Austritt aus der EU. Die Mitgliedschaft in der ESA, einer zwischenstaatlichen Einrichtung, bleibt von diesem Austritt jedoch unberührt.

Nun ist dem Vereinigten Königreich ein Coup gelungen. Die ESA hat der Firma CGI, speziell der in London ansässigen Dependence, den Auftrag erteilt, einen Warndienst für das Gebiet des Vereinigten Königreichs aufzubauen. Der „GNSS Event Notification Service“ (GENS) genannte Dienst soll Position, Navigation und Zeithaltung (PNT) monitoren und Unterbrechungen unverzüglich detektieren und melden. Das System profitiert von bzw. kann aufbauen auf vorhandener Infrastruktur, wie dem umfangreichen Netz von GNSS-Permanentstationen des Ordnance Survey, sowie einigen erfolgreichen europäischen Projekten, wie Strike 3, dem bis 2019 laufenden H2020-Projekt zum Monitoring von Interferenzen, oder Gismo (GNSS Integrity and Signal Monitoring Observatory) der Firma GMV NSL, oder Know-how, beispielsweise des National Physical Laboratory (NPL). Der Dienst soll private wie kommerzielle Nutzer über die momentane Qualität der GNSS-Signale sowie über mögliche Störungen und Interferenzen informieren.

## UK-BETEILIGUNG AN EU-RAUMFAHRT

Die generellen Richtlinien für die nach dem „Brexit“ geltenden Vereinbarungen zwischen dem Vereinigten Königreich und der EU bzw. der ESA wurden in einem Informationsblatt des UK veröffentlicht (<https://tinyurl.com/eu2267ab>). Dort wird für die Bereiche Galileo und Egnos, Copernicus sowie „Space Surveillance and Tracking“ (SST) dargelegt, welche Folgen sich für Wirtschaft, Universitäten und Forschung ergeben. Die bisher in diesen Bereichen aktiv aus EU-Mitteln bezahlten Organisationen und Auftragnehmer werden dazu aufgefordert, sich mit den jeweiligen Auftraggebern in Verbindung zu setzen, um die individuellen Konsequenzen zu klären.

Enden werden die mit Galileo verbundenen Punkte, wie die Verwendung von Galileo (einschließlich des künftigen Public Regulated Service (PRS)) für Verteidigung oder kritische nationale Infrastrukturen, der Zugriff auf den verschlüsselten öffentlichen regulierten

Galileo-Dienst sowie die Beteiligung bei der Entwicklung von Galileo und Egnos. Ab dem 25. Juni 2021 können britische Nutzer den „Egnos Safety of Life“-Dienst und die Egnos Working Agreements (EWA) nicht mehr nutzen. Dies bedeutet auch, dass in Großbritannien ansässige Unternehmen, Wissenschaftler und Forscher nicht für zukünftige EU-GNSS-Verträge bieten können und möglicherweise Schwierigkeiten haben, bestehende oder anstehende Verträge auszuführen und abzuschließen.

Grundsätzlich, aber abhängig von weiteren Verhandlungen Anfang dieses Jahres, kann das UK für den Zeitraum 2021 bis 2027 weiterhin als Drittland an der Copernicus-Komponente des EU-Weltraumprogramms teilnehmen. Damit können in Großbritannien ansässige Unternehmen, Wissenschaftler und Forscher für künftige Copernicus-Verträge bieten, die über die EU ausgeschrieben werden und durch den mehrjährigen Finanzrahmen der EU und unter Verwendung der EU-Vergaberegeln finanziert werden.

Wie bereits erwähnt, bleibt das UK Mitglied der Weltraumorganisation ESA und nimmt weiterhin über die ESA an der Copernicus Space Component (CSC-4) des Copernicus-Programms teil. Auf diese Weise können britische Unternehmen weiterhin für Aufträge bieten, die über die ESA für CSC-4, ihren Vorgänger, das GMES-Programm (Global Monitoring for Environment and Security), oder im Rahmen anderer Programme, wie dem Earth Observation Envelope Program 5 (EOEP5), ausgeschrieben wurden. Die Mitgliedschaft des Vereinigten Königreichs in der Europäischen Organisation zur Nutzung meteorologischer Satelliten (Eumetsat), im Europäischen Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) und im „Mercator Ocean“ ist davon nicht betroffen, da es sich eher um europäische zwischenstaatliche als um EU-Einrichtungen handelt. Diese Organisationen behalten den Zugriff auf Daten mit hoher Bandbreite, die die Dienste Land, Marine, Klimawandel und Atmosphäre unterstützen.

## US-GNSS – DETECTION

Das US-amerikanische Ministerium für Heimatschutz (Department of Homeland Security (DHS)) hat kürzlich eine Programmbibliothek veröffentlicht, die einen Schutz gegen Spoofing liefern soll. Die Veröffentlichung zielt insbesondere auf die Betreiber kritischer Infrastrukturen ab, bei denen selbst kleine Störungen massive Auswirkungen haben können.

Das angebotene Paket ist open source und umfasst zwei große Blöcke, zum einen die sogenannte „PNT-Integrity Library“ – programmiert in C++ – und zum anderen die „Epsilon Algorithm Suite“ – einzelne Python-Skripte, die direkt für den Endanwender geeignet scheinen. Ein großer Vorteil der Software ist, dass man keine Änderungen oder Eingriffe am Empfänger vornehmen muss, sondern auf den GPS-Signalen aufsetzt, die ein Empfänger üblicherweise liefert. Die Library enthält eine Reihe von einzelnen Prüfungen, die bewertet, gewichtet und zu einem Zuverlässigkeitslevel kombiniert werden. Einige der Prüfungen lassen sich insbesondere auf mehrere benachbarten Antennen anwenden, z. B. der Winkel der ankommenden Signale oder der (bekannte) Abstand zwischen Stationen. Darüber hinaus gibt es Tests der Signalstärke oder des Signal-Rausch-Ver-

hältnisses, Koordinaten- und Geschwindigkeitstests. Es werden anscheinend die gängigen GNSS-Konstellationen unterstützt.

Die Veröffentlichung der Bibliothek steht vermutlich im Zusammenhang mit der Veröffentlichung des Konformitätsrahmens für robuste PNT-Dienste durch das DHS Mitte Dezember 2020. Diese Veröffentlichung – und somit wohl auch die Bibliotheken und Programme – setzen zum Teil die Forderungen der PNT-Direktive aus dem Weißen Haus vom Februar 2020 um (wir berichteten in der avn 4/2020).

## US-INITIATIVE ZUR SIGNALVERSCHLÜSSELUNG

Ähnlich zur Galileo-Signalauthentifizierung hat das Weiße Haus noch unter Präsident Trump die Direktive SPD-7 zum Schutz der zivilen GPS-Signale an den Kongress geschickt (siehe <https://tinyurl.com/9ryzpz9j>). Aktuelle GPS-Signale haben bisher keine Authentifizierungsfunktionen, allerdings sollen diese mit dem Chimera-Signal (Chips Message Robust Authentication) an Bord des NTS-3-Satelliten experimentell getestet werden (siehe GNSS-Info in der avn 7/2019). Unabhängig von den militärischen Signalen sollen so auch die zivilen Signale gegen den zunehmenden gezielten Missbrauch und die damit verbundenen Gefahren für die kritischen Infrastrukturen geschützt werden.

Generell besteht die Antwort auf das sogenannte „Spoofing“, d. h. die Verfälschung von Signalen, aus zwei Komponenten: Zum einen, die Daten zu authentifizieren, ähnlich dem Galileo-OS-NMA, und zu anderen in der Authentifizierung von Signalen, wie es etwa im kommerziellen Authentifizierungsdienst (CAS) von Galileo auf E6 vorgesehen ist. Bei GPS könnten die vergleichbaren Verfahren mit Daten- und Signalauthentifizierung auf das L1C-, das L5- sowie die WAAS-Signale (Wide Area Augmentation System) angewendet werden.

## LIGADO UND KEIN ENDE

Die Auseinandersetzungen zwischen der Firma Ligado und den Vertretern der GNSS-Anwender und -Industrie setzen sich fort.

Dass von einem landesweiten, gut funktionierenden 5G-Netz alle US-Amerikaner profitieren würden, scheint unstrittig. Autonomes Fahren oder die Landwirtschaft werden regelmäßig als prominente Beispiel genannt. Während jedoch Ligado damit argumentiert, dass das L-Band zwischen 1 und 2 GHz für einen Ausbau von 5G unerlässlich sei, hat die Federal Communications Commission (FCC) mehrere hundert MHz im sogenannten mittleren Spektrum im Bereich von 3,45 GHz und 3,55 GHz für 5G-Aktivitäten freigegeben. Die GNSS-Vertreter wiederum argumentieren, dass Ligados Aktivitäten der Verbreitung des 5G-Standards in den USA nicht dienen, sondern nur ein Nischenprodukt bedienen. Zudem könnten die bestehenden 3G- und 4G-Netze in Mitleidenschaft gezogen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die hochgenaue Zeitsynchronisation bei 5G noch bedeutender werden wird als in den bestehenden Mobilfunknetzen und dass diese Zeitsynchronisation eben gerade durch GPS geliefert wird.

Auf der anderen Seite gelang es der Firma Ligado, neues Kapital in Höhe von fast 4 Mrd. US-Dollar zu generieren und man weist darauf hin, dass namhafte Vertreter des Mobilfunkmarkts, wie Nokia und Samsung, das Vorgehen der Firma unterstützen.

## JAPANISCHE RAUMFAHRTMÜLL-ENTSORGUNG

Das japanische Start-up Astroscale (<http://astroscale.com>) wird am 20. März einen Satelliten zur Entfernung von Weltraummüll (Space Debris) in den Umlauf bringen. Der Satellit wird mit einer Sojus-Rakete vom kasachischen Kosmodrom Baikonur in die Umlaufbahn gebracht. Mit ihm zusammen wird ein magnetisches Testobjekt in den Orbit gebracht, das der Satellit dann einfangen und durch gemeinsames Verglühen beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre entsorgen soll.

Das private Unternehmen Astroscale bietet eine Reihe von Diensten, die sich mit Missionslizenzen, Versicherung und Operationen zur Entfernung von Trümmern befasst. Insbesondere End-of-Life-Dienste für Satelliten, aktives Entfernen von Weltraummüll und Verlängerung der Lebensdauer werden angestrebt. Folgt man den Angaben des Space Debris Office der Europäischen Weltraumorganisation ESA, könnte dies ein erfolgreiches Konzept werden. Bisher wurden etwa 8950 Satelliten ins All gebracht. 5000 Satelliten davon sind noch im Erdumlauf, 1950 Satelliten sind noch in Betrieb. Folglich sind rund 61 % der Satelliten im Orbit nicht mehr funktionierend. Die Zahl der nutzlosen Objekte erhöht sich kontinuierlich durch Kollisionen, Auseinanderbrechen und Explosionen, die zu weiterer Fragmentierung und Trümmern führen. Besonders die erdnahen Orbits zwischen 800 km und 2000 km sind kritisch, da hier die meisten Satelliten platziert werden und sich auch die meisten Weltraummüllteile befinden. Die Zahlen werden sich durch die jetzt rapide steigende Zahl von Telekommunikationssatelliten dramatisch erhöhen.

## KURIOSES

Wie in der Zeitschrift „Inside GNSS“ berichtet wurde, gibt es nun die ersten GPS-Koordinaten auf dem Mars. Die spektakuläre Landung des Rovers „Mars Perseverance“ hat in den letzten Wochen viele Raumfahrtbegeisterte in ihren Bann gezogen. Wenn man das Video der Landung und das Bild des Landefallschirms anschaut, erkennt man ein geometrisches Muster. Dies dient zum Erkennen der Ausrichtung des Schirms, ähnlich photogrammetrischen Zielmarken. Bei genauerer Betrachtung erkennt man aber auch Buchstaben und Zahlen. Ein Nasa-Ingenieur hat neben einem Zitat von Theodore Roosevelt auch die Koordinaten des Eingangs des Nasa-Hauptquartiers in Pasadena entlang des äußeren Fallschirmrands aufbringen lassen – damit können eventuelle Marsbewohner seinen Büroplatz lokalisieren! Das Zitat von Roosevelt lautet übrigens „Dare mighty things“ – Wage mächtige Dinge – und stammt aus der Rede „Strenuous Life“ von 1899. Schauen Sie mal, ob Sie die Botschaft im Foto entdecken!

### 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.sohne@bkg.bund.de







# Wichmann

## Technikwissen punktgenau: Geoinformatik als Schlüsseltechnologie für Mobilitätsmanagement und Verkehrsplanung

Von Smart Mobility über Sharing-Konzepte bis zum autonomen Fahren – moderne Verkehrsplanung und Mobilitätsmanagement sind ohne effiziente Datenerfassungsmethoden, differenzierte räumliche Informationen und Analysemethoden aus der Geoinformatik undenkbar. Dieses Buch erläutert die Grundlagen und Anwendungsszenarien von Geo-IT in Mobilität und Verkehr.



**2020, 276 Seiten**  
**48,- €** (Buch/E-Book)  
**67,20 €** (Kombi)

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Das Kombiangebot bestehend aus E-Book und Buch ist ausschließlich auf [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de) erhältlich.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder [www.vde-verlag.de/buecher/537682](http://www.vde-verlag.de/buecher/537682)

