

GNSS-Information

Die Atacamawüste in Chile kann man sich als Sehnsuchtsort für Astronomen vorstellen, in der es keine (nennenswerte) Luft- und Lichtverschmutzung gibt. Ein idealer Ort also für z. B. die Europäische Südsternwarte (ESO), an der bis zum Jahr 2029 das größte optische Teleskop der Welt, das „Extremely Large Telescope“ (ELT) entstehen wird. Nun aber ist diese Oase bedroht. Es gibt Konkurrenz durch ein Industriegroßprojekt. Ein Energiekonzern möchte in der Nähe der Sternwarte eine Wasserstoffanlage errichten, nebst geeigneter Transportkapazitäten für den „grünen Wasserstoff“. Ob eine Verlegung der geplanten Anlagen zum Schutz der Dunkelheit für die ESO noch möglich ist – die Atacamawüste bietet schließlich auch an anderer Stelle geeignete Voraussetzungen für Sonne und Wind – bleibt zu beobachten.

Startplätze für Raketen sind selbst in den USA nicht unbegrenzt verfügbar. Deshalb suchen die Betreiber nach weiteren Orten oder wollen die Handlungsfreiheit auf vorhandenen Startplätzen vergrößern. So erfolgte jetzt eine Startplatzfreigabe für die Firma SpaceX in Texas, trotz Umweltschutzbedenken.

Einsparungen und Umschichtungen im Haushalt durch die US-Administration machen auch vor der Raumfahrt nicht halt. Das Raumfahrtbudget in den USA soll um ca. 25 % reduziert werden. Dabei werden nicht alle Projekte gleichermaßen betroffen sein. Es steht zu befürchten, dass die Auswirkungen insbesondere die „erdnahen“ Missionen treffen wird – dazu zählt auch die Internationale Raumstation ISS.

Auf der anderen Seite enthält der am 4. Juli, dem Nationalfeiertag, verabschiedete „Bill H.R. 1“, in den Medien als ‚Big Beautiful Bill‘ befeuerte Act einige Milliarden Dollar an Mitteln im Bereich Raumfahrt. Fast 10 Mrd. US-Dollar sollen bis 2032 in Projekte wie die Artemis-Missionen oder Gateway, eine Raumstation auf dem Mond, fließen.

Der amtierende Verkehrsminister Sean Duffy wird (vorübergehend?) zum neuen NASA-Chef ernannt. Ein zuvor favorisierter Kandidat war bereits wenige Wochen vorher zurückgezogen worden, weil ihm eine Nähe zum SpaceX-Betreiber Elon Musk nachgesagt wurde.

GPS – NEWS

Wie in der letzten Ausgabe bereits angedeutet, wurde am 30. Mai des Jahres von Cape Canaveral in Florida aus ein weiterer GPS-Satellit gestartet. Eine Falcon-9-Rakete von SpaceX brachte den achten, von Lockheed Martin gebauten GPS-3-Satelliten in den Orbit. Wie üblich, landete die erste Stufe der Rakete nur wenige Minuten nach dem Start wieder auf einer im Atlantik positionierten Plattform. Der Satellit konnte in einem deutlich beschleunigten Verfahren an den Start gebracht werden und er verspricht eine dreimal höhere Genauigkeit und eine achtmal höhere Widerstandsfähigkeit gegen Jamming. Der Satellit SVN81 wird in Slot E6 platziert und den PRN-Code G21 erhalten.

Auf der anderen Seite wurde bekannt, dass das GPS-IIIIF-Programm um etliche Monate hinter dem Zeitplan herhinkt. Ursprüng-

lich für einen Start im April 2026 vorgesehen, wird der erste Satellit wohl erst im November 2026 ausgeliefert worden.

GLONASS – NEWS

Der zweite Glonass-K2-Satellit wurde am 2. März mit einer Sojus-Rakete vom Raumfahrtbahnhof Plesetz gestartet. Die russische Raumfahrtagentur Roskosmos bekräftigte ihr Vorhaben, bis 2028 die Stationierung der Glonass-K2-Satelliten abgeschlossen zu haben.

Im Bemühen, sein globales Bodenstationsnetz für den Betrieb seiner Glonass-Konstellation zu erweitern, konnte Russland einen Erfolg erzielen. In Venezuela wurde im Juli dieses Jahres eine neue Bodenstation installiert. Der Vertrag dazu wurde bereits 2022 geschlossen. Unter anderem wird es mit der neuen 13-Meter-Antenne möglich sein, die Genauigkeit der Glonass-Signale in der Region erheblich zu steigern.

GALILEO – NEWS

Drei der vier ältesten Galileo-Satelliten, die sog. In-Orbit-Validation-(IOV-)Satelliten, mit den Bezeichnungen E11, E12 und E19, sind weiterhin healthy und nutzbar. Nur der IOV-Satellit E20 war schon seit geraumer Zeit nicht mehr nutzbar. Jetzt wurde er offiziell aus der Konstellation entfernt und um ca. 700 km in einen sog. Friedhofsorbit angehoben.

Die Bremer Firma OHB, die bereits einige Galileo-Satelliten gebaut hat, hat in einem Rechtsstreit mit der EU-Kommission einen Teilerfolg errungen. Der Europäische Gerichtshof hob ein Urteil einer vorherigen Instanz auf und verwies den Fall zurück. In dem Streit geht es um das Vergabeverfahren für den Bau weiterer zwölf Navigationssatelliten, bei dem OHB das Gebot der Gleichbehandlung verletzt sah. In dem Rechtsstreit geht es um ein Vergabeverfahren aus dem Jahr 2018, aufgrund dessen der Auftrag zum Bau der besagten zwölf Satelliten – mit einem Volumen von 1,47 Mrd. Euro – 2021 an zwei Konkurrenten gegangen war.

NAVIC – NEWS

Auch wenn es nicht unmittelbar mit GNSS zu tun hat, so sei an dieser Stelle ein Fehlschlag der indischen Raumfahrt erwähnt. Am 18. Mai dieses Jahres (Ortszeit) sollte ein Radarsatellit zur Erdbeobachtung, EOS-09, in einen sonnensynchronen 530 km hohen Orbit gebracht werden. Nach dem Start der PSLV-Rakete von Sriharikota aus verlief zunächst alles nach Plan, ehe es nach rund sechs Minuten ein Problem mit der dritten Stufe der Rakete gab. Leider ging dabei auch der Erdbeobachtungssatellit verloren.

EGNOS – NEWS

Vom 1. bis 2. Oktober dieses Jahres findet ein Egnos-Workshop in Berlin statt. Im Vorjahr fand ein vergleichbarer Workshop im März in Dublin, Irland, statt (wir berichteten in der avn 1/2024). Die interessanten 25 Beiträge dieser Veranstaltung sind noch im Netz zu finden (<https://egnos.gsc-europa.eu/news-events/workshops/egnos-workshop-agenda-2024>). Nun besteht eine gute Gelegenheit, sich in Deutschland mit Kollegen auszutauschen und den neuesten Entwicklungen zum Thema Egnos zu lauschen. Der Workshop, dessen Teilnahme unentgeltlich ist, wird von der Weltraumbehörde der Europäischen Union (EUSPA) und dem European Satellite Service Provider (ESSP) organisiert. Es wird ebenfalls eine Liveübertragung angeboten.

Auch wenn die Anstrengungen für die Inbetriebnahme der nächsten Egnos-Generation, V3, in vollem Gange sind, ist die Qualitätssicherung des laufenden Egnos V2 von großer Bedeutung. Thales Alenia Space erhielt nun von der EUSPA einen Auftrag im Wert von rund 50 Mio. Euro zur Verlängerung der Betriebsdauer von Egnos. Das Joint Venture soll durch Systemupgrades, der Verbesserung der Sicherheitsmaßnahmen und der Modernisierung den Betrieb von Egnos V2 auch über das Jahr 2028 hinaus sicherstellen.

Ein Auftragnehmer für die Egnos-V3-Entwicklung ist Airbus Defense and Space. Die Firma entwickelt einen neuen Dual-Frequency-Multi-Constellation-(DFMC-)Dienst, der sowohl GPS als auch Galileo mit seinen Signalen ergänzt. Erste Tests wurden im vergangenen Jahr, mangels echter Egnos-V3-Bodenstationen, mit IGS- und Euref-Stationen durchgeführt und die berechneten Korrekturen auf der GPS-L5-Frequenz von einem geostationären Satelliten abgestrahlt.

START VON NTS-3

Das Department of the Air Force (DAF) der Vereinigten Staaten hat am 12. April mit dem erfolgreichen Start des „Navigation Technology Satellite-3“ (NTS-3) Vanguard an Bord einer Vulcan-Centaur-Rakete der United Launch Alliance (ULA) von der Cape Canaveral Space Force Station in Florida einen wichtigen Meilenstein erreicht. Der Start markiert die erste nationale Sicherheitsmission an Bord der Vulcan-Rakete der nächsten Generation von ULA und läutet eine neue Phase der Experimente im Orbit ein. Sie zielt darauf ab, die Widerstandsfähigkeit, Agilität und Sicherheit der US-amerikanischen Positionierungs-, Navigations- und Zeitmessungsfähigkeiten (PNT) für Soldaten und verbündete Nutzer zu verbessern. Wie in den GNSS-Informationen in der avn 1/2020 und 10/2020 berichtet, ist NTS-3 der fortschrittlichste experimentelle Navigationssatellit, den die Vereinigten Staaten seit fast fünf Jahrzehnten gestartet haben.

Das Programm integriert eine weltraumgestützte Nutzlast, ein rekonfigurierbares Bodenkontrollsegment und agile Benutzerempfänger, die durch reprogrammierbare Software miteinander verbunden sind. Diese Architektur ermöglicht schnelle Updates in allen Segmenten, ohne die Hardware austauschen zu müssen. Zu den wichtigsten Merkmalen gehören eine Phased-Array-Antenne zur gerichteten Himmelsabdeckung, ein fortschrittliches Zeitmesssystem, Chips Message Robust Authentication (CHIMERA) zur Spoofing-

Abwehr und Kompatibilität sowohl mit älteren GPS- als auch mit zukünftigen Signalen. Zusammen bilden diese Elemente eine Testumgebung für PNT-Technologien der nächsten Generation, die im Orbit weiterentwickelt werden können, wodurch kostspielige Hardware-Aktualisierungszyklen entfallen.

NTS-3 wurde 2019 als eines der drei ersten Vanguard-Programme des US-Luftwaffenministeriums ausgewählt und sollte untersuchen, wie ein reprogrammierbares Satellitennavigationsystem in den Bereichen Weltraum-, Boden- und Nutzersegmente operieren könnte. Frühe Programmkonzepte konzentrierten sich auf die Vorteile der GEO-Umlaufbahn, agile Signalerzeugung und die Automatisierung des Bodensegmentbetriebs – Fähigkeiten, die nun für die Validierung im Orbit bereitstehen. Über die unmittelbaren Technologie-demonstrationen hinaus wird NTS-3 in die Gestaltung zukünftiger Betriebskonstellationen und hybrider Architekturen einfließen. Die Ergebnisse des Programms werden voraussichtlich sowohl die Modernisierung des GPS als auch die Integration ergänzender PNT-Schichten beeinflussen, darunter GEO-Augmentation und neue LEO-basierte Navigationssysteme.

OSNMA-AUTHENTIFIZIERUNG OPERATIONELL

Nach Ankündigung der offiziellen Inbetriebnahme durch die EU-Kommission am 24. Juli 2025 und der Veröffentlichung des Service Definition Document (SDD) ist der Galileo Open-Service-Navigation-Message-Authentication-(OSNMA-)Dienst nun voll funktionsfähig. Durch die Authentifizierung der Navigationsnachrichten des offenen Dienstes von Galileo ermöglicht OSNMA den Nutzern zu überprüfen, ob die empfangenen Daten tatsächlich von Galileo stammen und nicht verändert wurden. Dies trägt dazu bei, die mit Spoofing verbundenen Risiken zu mindern – ein wachsendes Problem, da GNSS-Störungsvorfälle weltweit weiter zunehmen.

OSNMA wurde für einen effizienten Betrieb konzipiert und nutzt freie Kapazitäten innerhalb des bestehenden Galileo-Systems, um eine schnelle Umsetzung mit minimalen Auswirkungen zu ermöglichen. In naher Zukunft wird Galileo sein Portfolio um zusätzliche Dienste wie den Public Regulated Service (PRS) und den Signal Authentication Service (SAS) erweitern. Diese Entwicklungen werden den Weg für die verbesserten Fähigkeiten der zweiten Generation von Galileo in den kommenden Jahrzehnten ebnen.

Um die Community bei der Einführung zu unterstützen, findet am 1. September 2025 (nach Redaktionsschluss dieser Ausgabe) ein spezielles Webinar mit dem Titel „Einführung des neuen Galileo-Authentifizierungsdienstes OSNMA“ statt. Bei dem von der Europäischen Kommission und der Agentur der Europäischen Union für das Raumfahrtprogramm (EUSPA) organisierten Webinar präsentieren Vertreter der Kommission und der EUSPA den Teilnehmern den OSNMA-Dienst. Es werden die Relevanz im aktuellen Kontext und die Elemente des neu veröffentlichten SDD mit den wichtigsten Basisdokumentationen für die Implementierung von OSNMA im Empfänger des Nutzers präsentiert.

Zu erwähnen ist auch, dass das Webinar auch Präsentationen von führenden GNSS-Empfängerherstellern enthalten wird, die bereits mit der Implementierung von OSNMA in ihren Lösungen begonnen haben und deren Entwicklungen von der EUSPA im Rahmen des

Fundamental Elements Programme unterstützt werden. Diese Anwendungsfälle aus der Praxis bieten Einblicke in Implementierungsprozesse, Integrationserfahrungen und Leistungsergebnisse in verschiedenen Szenarien. Ob die Präsentationen im Netz zugänglich gemacht werden, stand bei Redaktionsschluss noch nicht fest – ein Blick auf die Seite der EUSPA ist zu empfehlen. Unter dem Link https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/Galileo-OSNMA-SDD_v1.0.pdf ist auch die aktuelle Version des Galileo (OSNMA) Service Definition Documents (SDD) zu finden.

WEITERE SATELLITENSTARTS

Wetter, Klima, Waldbrände – die Erde und ihre Atmosphäre benötigen eine immer genauere Beobachtung in immer höherer zeitlicher Auflösung mit immer kürzerer Verzögerung. Auch im letzten Quartal gab es einige Starts von Erdbeobachtungssatelliten.

Sentinel-4 wurde am 1. Juli mit einer Falcon-9-Rakete der Firma SpaceX von Cape Canaveral aus gestartet. Sentinel-4 ist jedoch kein eigenständiger Satellit, sondern ein Instrument an Bord des „Meteosat Third Generation – Sounder 1“- (MTG-S1-)Satelliten der European Organization for the Exploration of Meteorological Satellites (Eumetsat). Er wird in 36 000 km Höhe in einem geostationären Orbit platziert. MTG-S1 soll der Beobachtung von Stürmen dienen und eine genauere Vorhersage liefern. Ursprünglich war der Start des Satelliten mit einer Ariane-6-Rakete vorgesehen.

Die nächste Kooperation von Eumetsat und ESA ist bereits in den Startlöchern: Die Copernicus-Sentinel-5-Mission wird im Laufe dieses Jahres an Bord einer Ariane-6-Rakete von Kourou aus gestartet. Die Nutzlast wird sich auf dem Satelliten MetOp-SG A1 von Eumetsat befinden. Dieser Satellit mit dem beeindruckenden Gewicht von rund 4 Tonnen wird auf einen polaren Orbit in 832 km Bahnhöhe gebracht. A1 wird der erste von insgesamt sechs Satelliten dieses Programms sein, die bis 2040 gestartet werden sollen.

Möglicherweise ebenfalls noch in diesem Jahr wird der zweite Sentinel-6-Satellit gestartet. Er soll mit einer Falcon-9-Rakete vom US-amerikanischen Vandenberg aus gestartet werden und ein Radar-Altimeter zur Messung der Ozeantopographie an Bord haben.

Kohlenstoff ist der Ursprung allen irdischen Lebens, aber unglücklicherweise verschwindet er nicht, sondern ist im Übermaß schädlich. Gewaltige Mengen von Kohlenstoff, genauer Kohlendioxid, werden durch die Biomasse der Erde gebunden. Deren genaue Menge, ihre Verteilung über die Erde und ihre Veränderung sind jedoch nicht lückenlos bekannt. Hier soll die Biomass-Mission der ESA helfen, die am 29. April mit dem Start des Satelliten mit einer Vega-C-Rakete von Kourou in Französisch-Guayana aus begonnen hat. Der Satellit, der in eine sonnensynchrone Bahn in 666 km Höhe gebracht wurde, soll der erste sein, der ein Langwellen-P-Band „Synthetic Aperture Radar“ (SAR) an Bord hat.

Eine gute Sache für kleine Unternehmen sind die Transporter-Missionen von SpaceX. Nummer 14, im Juni dieses Jahres gestartet, hatte dieses Mal rund 70 Kleinsatelliten in den Orbit gebracht, darunter erneut zahlreiche Satelliten, die von der Berliner Firma Exolaunch gesteuert werden.

EUSPA GALILEO-REPORTS

Die Agentur der Europäischen Union für das Weltraumprogramm (EUSPA) veröffentlicht regelmäßig die Leistungsberichte für den Galileo-Dienst. Im 4. Quartal 2024 übertrafen die gemessenen Leistungswerte für Galileo OS, HAS und SAR ihre in OS-SDD, HAS-SDD und SAR-SDD festgelegten Minimum-Performance-Level- (MPL-)Schwellenwerte. Hier ein Auszug mit einigen Highlights:

Der offene Dienst erreichte eine Verfügbarkeit eines fehlerfreien Signals im Weltraum pro Slot für jeden operativen Galileo-Satelliten von mindestens 99,63 % für jede Einzel- und Zweifrequenzkombination, deutlich über dem MPL-Schwellenwert von 92 %. Die Entfernungsmessgenauigkeit für einzelne Satelliten erreichte eine monatliche Genauigkeit zwischen 0,14 Meter und 0,50 Meter für Zweifrequenzkombinationen; bei Einfrequenzbeobachtungen lag die Genauigkeit im Bereich von 0,33 Meter bis 1,61 Meter. Die Einhaltung des MPL-Ziels von 7 Metern wurde somit von allen Satelliten der Galileo-Konstellation mit beträchtlichem Spielraum erreicht. Sowohl die Position Dilution of Precision (PDOP) als auch die Zielwerte für die Verfügbarkeit des Positionierungsdienstes wurden mit deutlichem Vorsprung erreicht.

Auch im hochgenauen Dienst lag die Performanz deutlich besser als die Schwellenwerte. Die Genauigkeit der HAS-Korrekturen, die über terrestrische Verbreitung (IDD) und über SIS bereitgestellt werden, war für die Orbits besser als oder gleich 0,15 Meter für Galileo und 0,19 Meter für GPS und erfüllte damit die MPL-Schwellenwerte von 0,20 Meter für Galileo bzw. 0,33 Meter und für GPS. Die Uhrenabweichungen betragen 0,07 Meter für Galileo und 0,10 Meter für GPS und entsprachen damit den MPL-Zielen von 0,12 Meter bzw. 0,15 Meter. Die Code-Abweichung war besser oder gleich 0,31 Meter für Galileo und 0,35 Meter für GPS. Die MPL-Zielvorgabe von 50 Meter sowohl für Galileo als auch für GPS wurde mit beträchtlichen Margen erreicht. Auch die Verfügbarkeit der HAS-Korrekturen lag bei über 94,55 % für reine Galileo-Korrekturen über der definierten MPL-Zielvorgabe von 87 % und bei mindestens 98,75 % für Galileo- und GPS-Korrekturen.

Die Reports für die drei Services findet man unter <https://www.gsc-europa.eu/electronic-library/performance-reports>.

UPDATE DES CSRS-PPP-SERVICE

Der 2003 vom Canadian Geodetic Survey (CGS) eingeführte kanadische Precise-Point-Positioning-(PPP-)Dienst CSRS-PPP festigt weiterhin seine Position als weltweit führende GNSS-Nachbearbeitungsplattform. Der Dienst wird unter der Leitung von Natural Resources Canada (NRCan) betrieben und ermöglicht es Nutzern, aus GNSS-Daten im Rinex-Format hochpräzise Koordinaten zu erhalten, ohne dass sie sich in der Nähe einer Basisstation befinden müssen. Aus den statischen oder kinematischen Empfängerdaten werden Positionen im NAD83 (CSRS) oder dem International Terrestrial Reference Frame (ITRF) berechnet. Der öffentlich zugängliche Dienst ist kostenlos und liefert GNSS-Positionierung im Zentimeterbereich für Nutzer auf der ganzen Welt.

Am 14. Mai 2025 veröffentlichte CGS ein umfangreiches Upgrade des Diensts, mit dem die Unterstützung für Galileo PPP mit Ambiguity

Resolution (PPP-AR) eingeführt wurde. Diese neue Funktion gilt für Galileo-E1/E5a-Signale, die ab dem 27. November 2022 aufgezeichnet wurden, und ist bei Verwendung von Rapid- oder Final-Produkten des IGS verfügbar. Das jüngste CSRS-PPP-Upgrade baut auf der 2020 hinzugefügten PPP-AR-Unterstützung für GPS für Daten auf, die ab dem 1. Januar 2018 aufgezeichnet wurden. Es markiert einen bedeutenden Schritt in Richtung einer vollständig integrierten, mehrdeutigkeitsfreien Positionsbestimmung unter Verwendung von Daten aus mehreren GNSS-Konstellationen.

Die Fixierung der Ambiguitäten in PPP-AR erlaubt schnellere Konvergenzzeiten und eine verbesserte Genauigkeit, oft bis auf den Zentimeter genau. Besonders spürbar ist die Verbesserung in der Genauigkeit der Ost-West-Komponente. Seit seiner Einführung hat sich CSRS-PPP stetig weiterentwickelt. Neben der erweiterten Unterstützung von Satellitenkonstellationen wurde der Referenzrahmen der Plattform auf das ITRF2020 umgestellt. Darüber hinaus enthalten die Ausgabedateien von CSRS-PPP nun weitere Metriken, wie geschätzte troposphärische Verzögerungen, Empfängeruhr-Offsets und Statistiken zur Mehrdeutigkeitsauflösung. Diese Verbesserungen bieten den Nutzern detailliertere Einblicke in die Qualität der Lösungen. Demnächst plant der CSRS-PPP auch die Unterstützung der GPS-Signale C1L, L1L, C1X und L1X. Informationen unter <https://webapp.csrscs-nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp-info.php?locale=en>.

ERSTER GNSS-EMPFANG AUF DEM MOND

In einem bahnbrechenden Experiment hat das Lunar GNSS Receiver Experiment (LuGRE – wir berichteten in der avn 1-2/2022) auf der Mondoberfläche erfolgreich Galileo- und GPS-Signale empfangen und verfolgt. Dies ist ein Meilenstein in der Weltraumnavigation für GNSS-Ortung und -Positionierung in einer Entfernung von mehr als dem 20-fachen der GNSS-Bahnhöhen.

Die LuGRE ist eine von zehn Nutzlasten an Bord des Landungsmoduls Blue Ghost 1 von Firefly Aerospace und Teil des Commercial-Lunar-Payload-Services-(CLPS-)Programms der Nasa und wurde am 15. Januar 2025 vom Kennedy Space Center aus gestartet. Nach der Landung im Mare Crisium am 2. März wurde der Empfänger am 3. März aktiviert und empfing seine ersten Signale. Er erfasste und verfolgte erfolgreich vier Satelliten (zwei GPS- und zwei Galileo-Satelliten) und berechnete die erste GNSS-Position auf der Mondoberfläche aus Galileo- und GPS-E1/L1- und -E5/L5-Signalen in Echtzeit.

LuGRE basiert auf dem Qascom-LEO-GNSS-Space-Empfänger mit einer Richtantenne mit hoher Verstärkung (Spitzenverstärkung bis zu 15 dB) und maßgeschneiderter Signal- und Navigationssoftware. Entscheidend für den Erfolg war der Beitrag des Galileo-Servicezentrums (GSC) mit der Übertragung der Ephemeridendaten aus der Time & Geodetic Validation Facility (TGVF-X) zur Erfassungsunterstützung an die LuGRE-Nutzlast.

Alle während der Mission gesammelten Empfänger-Telemetriedaten werden vor Ende 2025 für Analysen, Forschungszwecke und andere Zwecke Dritter öffentlich zugänglich gemacht. Darüber hinaus werden spezifische Leistungsanalysen der Galileo-Signale (E1/E5), die in der Transferbahn, in der Mondumlaufbahn und auf der

Mondoberfläche erfasst wurden, von den Wissenschaftsteams der Nasa und der italienischen Weltraumagentur ASI offiziell veröffentlicht. Dies soll die Missionsplanung, die wissenschaftliche Analyse, die Entwicklung von Navigationsalgorithmen und die Herstellung von GNSS-Empfängern erleichtern.

OZEANISCHE BODENBEWEGUNGEN

Die Universität Tokyo hat eine Wasserflugzeug-ähnliche Drohne mit GNSS und Echolot entwickelt, um Ozeanbodenbewegungen bei großen Erdbeben zu erfassen. Es soll die bisher verwendeten Transpondersysteme ersetzen. Diese auf dem Meeresboden stationierten, über Bojen oder Hochseeschiffe mit Satelliten kommunizierenden Systeme sind aufwendig, teuer und nur punktweise einsetzbar.

Das neue UAV kann schnell und effizient den Meeresboden bis auf wenige Zentimeter genau vermessen. Angesichts der potenziellen sozioökonomischen Schäden durch Erdbeben ist die Entwicklung von Technologien zur effizienten und zuverlässigen Überwachung des Meeresbodens von großer Bedeutung. Das System führt hochpräzise Echtzeit-Messungen des Meeresbodens mit dem GNSS-Acoustic-(GNSS-A-)System aus, das GNSS-Positionierung und Kommunikation mit Transponderstationen auf dem Meeresboden verbindet, um eine Echtzeit-Erfassung von Meeresbodeninformationen als Grundlage für die Prävention von Erdbebenkatastrophen zu berechnen. In Anbetracht der Geschwindigkeit und Häufigkeit von Megathrust-Erdbeben im Nankai-Graben und den damit verbundenen Tsunami-Gefahren werden diese Daten dringend benötigt. Die zugehörige Publikation ist unter DOI:10.1029/2025EA004237 im Internet zu finden.

XONA-PULSAR-SATELLIT IN BETRIEB

Der im März 2024 gestartete Satellit Pulsar-0 von Xona Space Systems, das erste Serienprodukt des Unternehmens für eine kommerzielle Navigationskonstellation, hat im Juli seinen Testbetrieb aufgenommen. Pulsar-0 soll die Leistungsfähigkeit der Pulsar-Architektur von Xona bewerten, die hochpräzise, ausfallsichere Positionierungs-, Navigations- und Zeitgebungsdienste (PNT) aus der erdnahen Umlaufbahn (LEO) bereitstellen soll (wir berichteten in der avn 4/2022). Die verschlüsselten und authentifizierten Signale des Systems sollen Risiken durch Störsignale und Spoofing mindern und einen stärkeren, zuverlässigeren Dienst in Umgebungen bieten, in denen herkömmliche GNSS-Signale beeinträchtigt sein können.

Die Pulsar-Konstellation von Hunderten von Satelliten soll eine dauerhafte, redundante PNT-Abdeckung für Sektoren wie Verteidigung, Logistik, Bergbau und autonome Systeme bereitstellen. Sie wird als kommerzielle Ergänzung zu GNSS entwickelt und bietet durch ein modernisiertes Signaldesign und den niedrigen Orbit eine Genauigkeit im Zentimeterbereich und eine höhere Störfestigkeit. Das Unternehmen berichtet, dass seine ersten Signalwellenformen bereits von ausgewählten staatlichen und kommerziellen Partnern für die Prototypenentwicklung und Validierung verwendet werden. Sie bieten eine bis zu 100-mal höhere Signalstärke als GPS und sollen auch GNSS-Korrekturdaten liefern.

SATELLITEN AUS HOLZ

In der Bestrebung, die Raumfahrt nachhaltiger zu machen, arbeiten mehrere Gruppen an der Entwicklung von Satelliten aus Holz. Schon im vergangenen Jahr, im November, wurde mit LignoSat ein Holzsatellit auf die Internationale Raumstation ISS gebracht und im Dezember in eine rund 400 km hohe Umlaufbahn ausgesetzt. Leider konnte mit dem von der Universität Kyoto und einem Holzunternehmen in Zusammenarbeit mit der japanischen Weltraumorganisation Jaxa keine Kommunikation etabliert werden. Nach 116 Tagen verglühte er in der Atmosphäre. Bei dem Satelliten handelte es sich um einen zehn Zentimeter großen Würfel aus Magnolienholzplatten, die mit traditionellen Holzverbindungen zusammengefügt wurden. Ein Aluminiumrahmen verstärkte die Struktur.

Die LignoSat-Mission hatte fünf Ziele: die Belastung der Holzstruktur zu messen, die Temperatur im Inneren des Satelliten zu messen, die Durchlässigkeit von Holz für Magnetfelder im Weltraum zu demonstrieren, die Auswirkungen der Weltraumstrahlung auf Holz zu analysieren und eine bidirektionale Kommunikation mit Wissenschaftlern auf der Erde herzustellen. Orbitdaten des US-Verteidigungsministeriums zeigen, dass der Satellit während seiner Zeit im Weltraum strukturell unbeschädigt blieb, was beweist, dass Holzsatelliten funktionieren können. Das Team der Universität Kyoto arbeitet jetzt an einem Nachfolgemodell. LignoSat-2 wird sowohl über eine externe als auch eine interne Antenne

verfügen und doppelt so groß sein wie LignoSat und 2028 gestartet werden.

Bereits seit 2021 beschäftigt sich auch das finnische Raumfahrtunternehmen Arctic Astronautics mit Holz im Weltraum. Das Unternehmen entwickelt einen ebenfalls zehn Zentimeter großen CubeSat aus Birkenperrholz. Der Satellit enthält eine Reihe von Sensoren, die Informationen darüber sammeln sollen, wie sich der Weltraum auf Raumfahrzeuge aus Holz auswirkt. Der Satellit verfügt über eine ausfahrbare Kamera, einen „Selfie-Stick“, mit dem er Fotos von sich selbst im Weltraum machen kann, damit das Team am Boden ihn visuell überwachen kann, und Sensoren zur Erfassung der Veränderungen in den Materialeigenschaften. Noch steht ein erster Start eines solchen Satelliten aus.

Eine nachhaltige Raumfahrtindustrie mit reduzierter Umweltbelastung wäre ein großer Erfolg und könnte auch deren ökologischen Fußabdruck verringern. Wenn Aluminiumsatelliten in die Erdatmosphäre zurückfallen, verbrennen sie und erzeugen Aluminiumoxidpartikel. Diese Partikel, die manchmal kleiner als 1 Mikrometer sind, können die Ozonschicht zerstören, atmosphärische Prozesse beeinflussen und sogar das Magnetfeld der Erde verändern. Wenn Holz verbrennt, entstehen nur Kohlendioxid, biologisch abbaubare Asche und Wasserdampf. Angesichts des rasanten Wachstums der Satellitenanzahl und deren Ende in der Atmosphäre könnten Holzsatelliten die Umweltverschmutzung erheblich reduzieren. Hoffen wir, dass die Raumfahrtindustrie da mitspielt!



Technikwissen punktgenau:

Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik

- ▶ Dokumentation zu den 22. Oldenburger 3D-Tagen und 11. BIMtag
- ▶ Beinhaltet Beiträge aus den Bereichen Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik und BIM sowie die neuesten Forschungsergebnisse und Anwendungsbeispiele aus Wissenschaft und Praxis
- ▶ Themenschwerpunkte: Photogrammetrie und Messtechnik, Kulturerbe, Low Cost, Laserscanning und Mobile Mapping, Punktwolken, KI-Anwendungen, Hochschulausbildung, Beiträge des BIMtages

NEU



2025
300 Seiten
72,- € (Buch/E-Book)
100,80 € (Kombi)

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Sowohl das E-Book als auch das Kombiangebot (Buch + E-Book) sind ausschließlich auf www.vde-verlag.de erhältlich.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/buecher/537760



EUREF-SYMPOSIUM 2025

Nach dem mehrjährigen Verzicht auf physische Veranstaltungen und Treffen während der Corona-Zeit, zum Teil ersetzt durch digitale Veranstaltungen, wird seit 2023 die Tradition des jährlichen Euref-Symposiums an wechselnden Orten in Europa fortgesetzt. Nach Göteborg und Barcelona konnte in diesem Jahr relativ kurzfristig die Universität von Beira Interior (UBI) als Ausrichter gewonnen werden. Unterstützt durch das Direção-Geral do Território (DGT) in Lissabon traf sich die Community vom 24. bis 26. Juni dieses Jahres in Covilha, Portugal. Trotz der etwas beschwerlichen Anreise über den Flughafen Lissabon und einige Stunden Bus- oder Zugfahrt trafen sich rund 75 Teilnehmer zum fachlichen Austausch. Am ersten Tag gab es einen Workshop der GNSS-Analysezentren (AC). Hier hatten die AC die Gelegenheit, ihre Fortschritte in der operationellen Prozessierung und ihre Ergebnisse der dritten EPN-Reprozessierung vorzustellen und zu diskutieren. Des Weiteren stellten die beiden AC des European Plate Observing System (EPOS) der Euref-Gemeinde ihre Prozessierungsstrategien vor.

Die anderen beiden Tage waren dem „eigentlichen“ Symposium vorbehalten. Eröffnet wurde dieses mit einer Keynote von Lilli Freda, der Direktorin des EPOS European Research Infrastructure Consortiums (ERIC). Euref arbeitet eng mit EPOS zusammen, insbesondere auf dem Gebiet GNSS, aber auch andere geodätische Themenfelder sind für eine zukünftige Zusammenarbeit denkbar, insbesondere auf dem Gebiet der Gravimetrie. Die erste Session widmete sich zunächst den Aktivitäten des Euref Governing Boards. Session 2 folgte mit Vorträgen und Postern zu nationalen und lokalen Aktivitäten und die dritte Session über „Research, Innovation and Future Perspectives“.

Die Beiträge des Symposiums – 32 Vorträge, 19 National Reports in Wort und Postern sowie sechs weitere Poster – werden in Kürze auf der Webseite <https://www.euref.eu/euref-symposia> zu finden sein. Das nächste Euref-Symposium soll 2026 in Paris stattfinden. Das genaue Datum steht noch nicht fest.

LIGADOS MILLIARDENSCHWERE KLAGE

Ein US-Bundesgericht hat der Firma Ligado Networks die Fortsetzung seiner 39-Milliarden-Dollar-Klage gegen die US-Bundesregierung gestattet. Dies ist ein wichtiger Schritt in einem langjährigen Streit um die Nutzung des 5G-Spektrums und die damit verbundenen Eigentumsrechte.

Der Streit geht auf eine Entscheidung der Federal Aviation Administration (FCC) aus dem Jahr 2020 zurück, mit der Ligado die exklusive Kontrolle über das Spektrum in der Nähe von GPS-Frequenzen gewährt wurde. Dies weckte Bedenken hinsichtlich möglicher Störungen von GPS-Systemen. In seiner Klage vom Oktober 2023 warf Ligado der US-Regierung eine „mehrjährige Desinformations- und Verunglimpfungskampagne“ vor, um ihre Handlungen zu verschleiern und Ligados lizenziertes Spektrum ohne Erlaubnis oder Entschädigung für DOD-Systeme zu missbrauchen.

Die Regierung beantragte im Januar 2024 die Abweisung der Klage mit der Begründung fehlender Zuständigkeit, zudem habe Ligado ein gültiges Eigentumsrecht an seiner FCC-Lizenz nicht nachweisen können. Der Kern des Konflikts liegt in der bedenklichen

Nähe von Ligados L-Band-Spektrum zu GPS-Frequenzen, die kritische GPS-Signale für Navigation, Zeitmessung und die nationale Sicherheit stören könnten. Das US-Verteidigungsministerium, GPS-Unternehmen und Vertreter der Industrie lehnen Ligados Plan für ein terrestrisches 5G-Netzwerk seit Jahren entschieden ab und warnen vor schädlichen Interferenzen mit GPS-Empfängern.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Matthias Becker

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
INSTITUT FÜR GEODÄSIE

Franziska-Braun-Straße 7 | 64287 Darmstadt | Deutschland
becker@psg.tu-darmstadt.de



Dr.-Ing. Wolfgang Söhne

BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE
UND GEODÄSIE

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