

# GNSS-Information

## GALILEO – NEWS

Der zweite der im Dezember letzten Jahres in den Orbit gebrachten Galileo-Satelliten ist nun ebenfalls vollständig aktiviert worden. GSAT0224 wurde am 29. August in Dienst gestellt. Der nach einer norwegischen Schülerin „Shriya“ benannte Satellit wird zunächst in einem sogenannten Hilfsslot (siehe Seite 4 des Galileo Open Service – Service Definition Documents, [https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Galileo-OS-SDD\\_v1.2.pdf](https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Galileo-OS-SDD_v1.2.pdf)) B15 platziert.

## EUREF-SYMPOSIUM 2022

Vor gut einem Jahr haben wir an dieser Stelle unserer Hoffnung Ausdruck gegeben, dass das diesjährige Euref-Symposium wieder als physisches „in-person“-Treffen stattfinden könne. Da jedoch die Chancen und Risiken des Reisens innerhalb Europas im Frühjahr noch unklar waren und die Organisatoren der Croatian State Geodetic Administration und der Universität von Zagreb keine Hybrid-Veranstaltung organisieren wollten, entschied man sich frühzeitig, auch 2022 ein rein digitales Symposium abzuhalten. Rund 120 Kolleginnen und Kollegen waren jeweils während der Sessions „eingeloggt“ und verfolgten vier thematische Sessions sowie die traditionelle Session der „National Reports“. 25 Länder nahmen in diesem Jahr die Gelegenheit zu einem Kurzvortrag wahr. Nach insgesamt fünf Gruß- und Begrüßungsworten sowie dem einleitenden Übersichts-vortrag von W. Söhne zu den Aktivitäten des EUREF-Governing Boards gab es zwei Keynotes, die etwas über den thematischen Rand des Euref-Symposiums hinausblickten. Zunächst erläuterte J. Johannson die SI-Einheiten und ihren Bezug zur Geodäsie, danach gab M. Miller Ein- und Ausblicke in die Entwicklung von raumbezogenen Technologien. In den vier thematischen Sessions, deren Struktur sich gegenüber den Vorjahren nicht verändert hatte, stellten die Autorinnen und Autoren in insgesamt 27 Vorträgen ihre Arbeiten vor. Diese reichten von den Fortschritten in den operativen Produkten und in den langjährigen Arbeitsgruppen bis hin zu speziellen Untersuchungen und zu landesspezifischen Projekten und Tätigkeiten. Ein Schwerpunkt war dem Thema SAR gewidmet. Ergänzt wurde das Programm durch drei Splintersessions.

Die Beiträge des diesjährigen Symposiums werden wie üblich auf der Homepage von Euref, <http://www.euref.eu>, bereitgestellt werden. Als Veranstaltungsort für das Symposium des kommenden Jahres ist Göteborg in Schweden vorgesehen, voraussichtlich Ende Mai 2023, und man hofft, dann wieder viele Kolleginnen und Kollegen vor Ort treffen zu können.

## GNSS-RADAR

Ein interessantes neues Konzept zur Hinderniserkennung für autonome Systeme hat am 1. Juni 2022 den von der EU ausgeschrie-

benen „MyEUspace 2021“-Wettbewerb gewonnen. Das Sangene-Projekt (Sens and navigation on GNSS environment estimation) ist ein rein auf GNSS-Signalen basierendes passives Radar zur Erkennung und Lokalisierung von Hindernissen. Die Firmen M3 Systems und TIT Consulting wollen das Konzept nun umsetzen und validieren. Zum Erkennen von Hindernissen benutzen Flugzeuge bisher entweder den Austausch der Positionen per Funk oder relativ aufwendige und teure Radargeräte. Dies ist für Drohnen, Leichtflugzeuge u. Ä. nicht möglich oder schlichtweg zu teuer.

Sangene schlägt daher vor, die von Hindernissen, wie Hochhäusern, Türme oder Masten, reflektierten GNSS-Signale als Quelle der Radarsignale wie in einem multistatischen Radar zu benutzen. GNSS ist dafür perfekt geeignet, da es deterministische und synchronisierte Signale mit bekanntem Sendestandort (den Satelliten) aussendet. Der in der Positionierung störende Multipatheffekt wird so zum gewünschten Nutzsignal. Prinzipiell kann damit aus der Analyse der vielen direkten und indirekten Signallaufzeiten von allen Satellitenkonstellationen eine mehrdimensionale Abbildung der Empfängerumgebung generiert werden. Insbesondere Galileo mit seinen größeren Bandbreiten bei den E5a-, E5b- und E6-Frequenzen sowie den längeren Codes ist geeignet, die direkten Signale und deren Echos zu separieren.

Die Idee von Sangene beruht auf dem Ansatz der „Signals of Opportunity“ und lässt sich in modernen Software-Empfängern ohne zusätzliche Hardware integrieren. Damit kann in einer einzelnen kostengünstigen Hardware sowohl die Lokalisierung als auch die Hinderniserkennung kombiniert werden, ohne die Grundarchitektur des GNSS-Empfängers signifikant zu verändern. Die Objekterkennung und die Lokalisierung ergeben sich aus einer Software-Ergänzung im Empfänger. Auch die nun mehr und mehr verfügbaren Signale von Low-Earth-Orbiter-Konstellationen können grundsätzlich benutzt werden, womit sich wesentliche Verbesserungen in der Auflösung ergeben könnten.

Der MyEUspace-Wettbewerb zeigt wieder einmal das große Potenzial der europäischen Programme Galileo und Copernicus und fördert innovative und unkonventionelle Ideen zu Tage.

## ATMOSPÄRENFORSCHUNG MIT CROWD SOURCING

Im August 2022 startete die zweite Runde einer ESA-Aktion zur Erforschung der Atmosphäre durch Smartphone-Messungen. Interessierte Freiwillige, die ein modernes Smartphone mit Zweifrequenz-Empfänger besitzen, können mithilfe der CamalioT-App Daten sammeln und zur Auswertung an die Server des Projekts schicken. Das von der ESA im Rahmen ihres Navisp-Element-1-Förderprogramms zur Entwicklung von innovativen Konzepten, Techniken und Systemen im Bereich der Satellitennavigation finanzierte Projekt wird von der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich geleitet und mit einem Team der ESA und dem

österreichischen International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) durchgeführt. Hauptziel ist ein detailliertes Monitoring der Atmosphäre durch die Kombination von GNSS-Daten, Smartphone-Sensoren und maschinellem Lernen.

Die freiwilligen Beobachter müssen die CamalioT-App herunterladen und dann in Zeiten ohne Handynutzung, nachts oder bei Aufenthalt im Freien, die GNSS-Rohdaten am Fenster oder möglichst freiem Himmel speichern und später an den Server des Projekts hochladen. Die Daten werden dann in den dafür entwickelten Algorithmen analysiert, um den Wasserdampfgehalt der Luft und ionosphärische Anomalien zu detektieren. Ziel ist die Verbesserung der bisher aus den GNSS-Permanetnetzen abgeleiteten Modelle durch die Entdeckung von bisher unbekanntem Mustern im Welt- raumwetter durch die „Big Data“-Analysenansätze.

Bisher haben schon mehr als 11 000 Personen mitgemacht und mehr als 53 Milliarden Beobachtungen gesammelt. In jedem Monat gibt es eine kleine Belohnung für die Teilnehmer mit den meisten Beobachtungen. Mehr unter <https://www.camalioT.org>.

## GNSS-ALTIMETRIE MIT CUBESATS

In einem Projekt des ESA-Programms für Innovationen in der Raumfahrt (Open Space Innovation Plattform, Osip) wurde die Nutzung von reflektierten GNSS-Signalen zur Messung der Ozeantopographie untersucht. Die von der Universität von Katalonien (Institute of Space Studies of Catalonia, IEEC) mit drei Partnern, darunter dem DLR, durchgeführte Studie beinhaltete die Entwicklung eines neuen GNSS-Empfängers und dessen Erprobung auf den Balearen.

Der Empfänger ist optimiert, um von der Ozeanoberfläche unter kleinen Winkeln reflektierte GNSS-Signale zu verfolgen. Für diese als „grazing“, d. h. streifende, Winkel bezeichneten Strahlen wirkt die Ozeanoberfläche wie ein glatter Spiegel. Wellen und Windeffekte haben wenig Einfluss auf die Reflektion und es entstehen kohärente Signale. Der für dieses Projekt entwickelte GNSS-Empfänger kann damit eine kontinuierliche Phasenmessung durchführen. Die instantane Ozeanoberfläche kann dadurch mit einer Präzision von wenigen Zentimetern bestimmt werden.

Die erfolgreichen Tests in der kontrollierten Umgebung im Mittelmeer konnten den Ansatz erfolgreich validieren und dienen zur Vorbereitung einer CubeSat-Mission der ESA unter dem Namen Pretty. Die „Passive Reflectometry and Dosimetry“-Mission der RUAG Austria, TU Graz und den Seibersdorf Laboratories wird mit einer aus drei CubeSats bestehenden Einheit die GNSS-Reflektometrie bei streifenden Winkeln demonstrieren. Ein neuer Software-Empfänger soll damit primär Meereis entdecken. Das Projekt ist zurzeit in der letzten Designphase und der Start soll Ende 2022 erfolgen.

Die GNSS-Reflektometrie entwickelt sich so zu einer wertvollen Ergänzung der Altimetrie. Eine schöne Einführung des IEEC ist bei YouTube zu finden, siehe <https://www.shorturl.at/mqu16>.

## GNSS-INTEGRITÄT

Mit der immer größeren Bedeutung und der zunehmenden Nutzung der Satellitenpositionierung in autonomen Systemen wird die Frage der Integrität der Messung und der Positionierung immer wichtiger. Die klassische Information, wie sie z. B. im „GPS-SPS Interface Control“-Dokument spezifiziert ist, erlaubt es, die ohne boden- oder raumbasierte Erweiterungssysteme (GBAS, SBAS) erreichbare Performanz abzuschätzen. Dies wird als RAIM, Receiver Autonomous Integrity Monitoring bezeichnet. Mit der Verfügbarkeit von mehreren GNSS-Konstellationen wird heute auch das ARAIM, Advanced Receiver Autonomous Integrity Monitoring, zur Berechnung der Integrität ohne externe Informationen benutzt.

Seit 2020 hat sich die Organisation der zivilen Luftfahrt ICAO (International Civil Aviation Organization) darum bemüht, von allen GNSS-Betreibern einheitliche Standards und Zahlenwerte für eine standardisierte Berechnung der für die Integritätsbeurteilung nötigen Größen zu erhalten. Es stehen jetzt Werte für zahlreiche Parameter zur Verfügung: URA (User Range Accuracy), die Ein-Sigma-Standardabweichung der Pseudostrecke; URA Threshold, die Standardabweichung der Pseudostrecke, ab der sie als grob fehlerhaft angesehen werden muss;  $R_{\text{sat}}$ , die Fehlerrate der einzelnen Satelliten pro Zeiteinheit;  $P_{\text{sat}}$ , die Wahrscheinlichkeit, dass ein Satellit fehlerhaft arbeitet;  $P_{\text{const}}$ , die Wahrscheinlichkeit, dass die Konstellation, also zwei oder mehr Satelliten, fehlerhaft arbeitet; MFD oder MTTN, die Zeit, bis die Nutzer informiert werden, einen Satelliten nicht mehr zu benutzen; TTA (Time to Alert), die maximale Zeitspanne, bis ein Fehler endet oder die Nutzer darüber informiert werden müssen. Eine detailliertere Beschreibung und Beispiele sind z. B. in einem Artikel bei Inside GNSS zu finden (<https://tinyurl.com/2p8r2m4n>).

Während diese Werte für die zivile Luftfahrt gedacht sind, müssen für autonome Fahrzeuge und andere sicherheitskritische hochpräzise Positionierungen weitergehende Algorithmen benutzt und Berechnungen angestellt werden. Hier kommen DGPS- oder PPP-basierte Lösungen zum Einsatz, für die entsprechende Algorithmen in der Entwicklung sind. Seit einigen Jahren arbeiten auch kommerzielle Anbieter von Korrekturdatendiensten an der Entwicklung und Übertragung von Integritätsinformationen. Zuletzt hat z. B. Trimble einen entsprechenden Dienst für ihren Precise-Point-Positioning-Korrekturservice CenterPoint RTX eingeführt. Unabhängig davon werden allerdings in autonomen Fahrzeugen, basierend auf den dort verfügbaren Sensoren, eigene Integritätsmaße berechnet. Typischerweise werden in einem erweiterten Kalman-Filter die Fehler des Zustandsvektors geschätzt, der die Beobachtungen von drei Sensortypen einbezieht, einen Navigationssatellitenempfänger mit zwei Antennen, eine inertielle Messeinheit und Odometrie-Sensorik, die Raddrehzahlen und Radlenkwinkel misst. Die im Fusionsfilter geschätzten Kovarianzen der geschätzten Positions- und Lagegrößen werden dann verwendet, um deren Genauigkeit, Integritätsniveau, Kontinuität und Verfügbarkeit zu berechnen. Zur Definition dieser Größen siehe ESA Navipedia <https://tinyurl.com/bdzymsme>.

## UK SBAS

Seit dem britischen Ausstieg aus der europäischen Union kann das Vereinigte Königreich die europäischen Satellitensysteme, wie zum Beispiel Egnos, nicht mehr nutzen und arbeitet an eigenen Positionierungs- und Navigationslösungen. Die Mitgliedschaft in der Europäischen Raumfahrtagentur ESA und damit der Zugang zum „Navigation Innovation and Support Programme“ (Navisp) sind jedoch weiterhin gegeben. Seit diesem Sommer sendet das UKSBAS, das UK Space-Based Augmentation System, ein Testsignal auf dem seit mehr als 24 Jahren im Orbit befindlichen geostationären Inmarsat-3-F5-Satelliten aus, der bei 53,9 Grad westlicher Länge positioniert ist. Das Signal soll den Standards der Internationalen Zivilflugorganisation ICAO entsprechen und neben der Luftfahrt auch den maritimen Bereich mit GPS-Korrektursignalen versorgen. Weitere wichtige Partner, die an der Entwicklung beteiligt sind, sind Goonhilly Earth Station Limited, verantwortlich für den Uplink der Navigationssignale, und GMVNSL Limited, die die Navigationssignale generieren.

## 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.soehe@bkg.bund.de



2023												
Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar 2024
1.1.2023	1.2.2023	1.3.2023	1.4.2023	1.5.2023	1.6.2023	1.7.2023	1.8.2023	1.9.2023	1.10.2023	1.11.2023	1.12.2023	1.1.2024



# Planlos?

## Wir können helfen!

Unser Kalender bietet eine gute Übersicht zu allen wichtigen Terminen der Geodäsie-Szene in 2023 und ist das ganze Jahr bei Ihren Kunden präsent. Je Monat ist ein frei gestaltbarer Werbeslot im Format 74 x 54 mm buchbar. Auf Wunsch ist eine Exklusivbuchung aller Slots möglich.

**Sprechen Sie uns an!** Tel.: 069/84 000 6-13 41 tammy.roessler@vde-verlag.de

