GNSS-Information

GPS – NEWS

Der vierte GPS-III-Satellit ist in der GPS-Konstellation angekommen. Am 1. Dezember letzten Jahres erhielt er die „Operational Acceptance“. Die US-Luftwaffe hob hervor, dass dieser Prozess durch ein neues Übergabeverfahren um zehn Tage verkürzt werden konnte. Der Satellit war letztlich am 5. November vergangenen Jahres gestartet worden. In der letzten Ausgabe waren wir noch vom 1. Oktober als Starttermin ausgegangen. Der Start erfolgte mit einer Falcon-9-Rakete der Firma SpaceX von Cape Canaveral aus. Der Satellit mit der SVN-Nummer 77 wird den PRN-Code G14 erhalten und in der Ebene B, Slot 3 platziert werden. An einer anderen Stelle ist jedoch vom Slot B6 die Rede; dieser Slot ist derzeit nicht durch einen aktiven Satelliten besetzt. SVN-77 wird den Satelliten SVN-44 mit dem PRN-Code G28 ersetzen. Der neue Satellit erhielt den Beinamen „Sacagawea“, nach einer nordamerikanischen Ureinwohnerin, die von 1803 bis 1806 Mitglied der sog. „Lewis and Clark Expedition“ war, welche die seinerzeit neu erworbenen Gebiete des heutigen mittleren Westens erforschte.

Zuvor, am 1. Oktober, war der dritte GPS-III-Satellit mit der SVN-Nummer 76 und dem PRN-Code G23 auf „healthy“ gesetzt worden. Er ist in Ebene E, Slot 5 platziert. Dieser Satellit trug ursprünglich den Beinamen „Columbus“. Anscheinend wurde kurz vor dem Start der Beiname in „Matthew Henson“ geändert. M. Henson war ein US-amerikanischer Arktisforscher, der im April 1909 zusammen mit Sir Robert Peary als Erster den geographischen Nordpol erreicht haben soll.

Als Vorbereitung des für Januar vorgesehenen Starts des nächsten GPS-III-Satelliten, SVN-78, wird der Satellit SVN-46 zu einem späteren Zeitpunkt aus dem operationellen Betrieb genommen. Er ist seit seinem Start Ende 1999 erfolgreich in Betrieb.

Mehrere US-amerikanische Behörden und Firmen (U.S. Coast Guard Navigation Center (NAVCEN), U.S. Space Force, Lockheed Martin Space, Institute of Navigation) haben unlängst wesentliche GPS-Metadaten publiziert. Es handelt sich um die Satellitenantennendaten der GPS-Block-IIR- und -IIR-M-Satelliten. Die veröffentlichten Dateien umfassen einen Artikel im ION-Journal zum generellen Aufbau und Verhalten der Antennen und eine Präsentation mit Plots und Daten als Anhänge. In der Navigation und Positionierung auf der Erde oder in deren Luftraum wird dieser Satellitentyp bereits lange verwendet und die dazu verwendeten Metadaten in der Hauptrichtung, d. h. in Richtung der Erde, sind für diese Zwecke durchaus ausreichend. Für neue Felder der Navigation, insbesondere für Satelliten in Bahnhöhen jenseits der MEO-Bahnen der GPS-Satelliten selbst, sind die sog. Nebenstrahlungskeulen („side lobes“) von besonderem Interesse bzw. für deren Navigation essenziell. Im Antennendesign versucht man üblicherweise, solche Nebenmaxima zu vermeiden, da sie unnötig Energie verbrauchen oder an anderer Stelle Interferenzen erzeugen. Da sich die einzelnen GPS-Satelliten hinsichtlich ihrer abstrahlenden Antenne unterscheiden, ist es für die Navigation der Satelliten und Raumfahrzeuge oberhalb der GPS-Bahn erforderlich, die Metadaten jedes einzelnen GPS-Satelliten zu kennen. Die Daten der IIR- und IIR-M-Satelliten und den erwähnten Artikel sind unter https://www.navcen.uscg.gov/?pageName=-antennapanels zu finden.

Seit Kurzem sind auch die Phasenzentrumsdaten der GPS-III-Satellitenantennen von Lockheed Martin Space veröffentlicht worden und auf dieser Internetseite gelistet. Weiterhin sind auch die vor dem Start vom Hersteller gemessenen Gruppenlaufzeiten und Korrekturen zwischen den Signalen (Inter Signal Corrections, ISC) angegeben. Dies betrifft die Satelliten SVN-76 und SVN-77 und ergänzt die schon früher vorhandenen Phasenzentrumsvariationsdaten. Dabei ist zu beachten, dass die GPS-III-Satelliten die ISC-Werte auch über die LNAV/CNAV-Navigationsmessages übertragen. Dabei handelt es sich allerdings um die im Betrieb vom Stanford Research Institute aus den Orbitdaten berechneten Werte. Sie können sich von den vom Hersteller gemessenen Werten unterscheiden.

GLONASS – NEWS

Die Glonass-Konstellation erfuhr am 25. Oktober letzten Jahres eine Erweiterung, als ein Glonass-K1-Satellit mit der Nr. 15 von Plesetzk aus gestartet wurde. Der Start eines weiteren Glonass-K1-Satelliten, Nr. 16, sollte im Dezember erfolgen, wurde aber bis auf Weiteres verschoben.

Die russische Raumfahrtagentur Roscosmos ließ jedoch verlauten, dass die neuen Glonass-K2-Satelliten, die vom kommenden Jahr an gestartet werden sollen, doppelt so teuer werden wie die Glonass-K1-Satelliten. Diese wiederum sind bereits doppelt so teuer wie die bisherigen Glonass-M-Satelliten. Ob diese Verteuerung im erwarteten Rahmen liegt, ist nicht bekannt. Die Glonass-K2-Satelliten der 4. Generation werden alle bei der Nutzung von K1-Satelliten gemachten Erfahrungen und Verbesserungen enthalten. Dies sind u. a. fünf Navigationssignale, eine Genauigkeit von 0,3 m bis 0,5 m und eine erwartete Lebensdauer von zehn Jahren.

GALILEO – NEWS

Mitte 2021 sollen nun die beiden nächsten Galileo-Satelliten, 27 und 28, gestartet werden. So steht es zumindest seit Ende vergangenen Jahres in den Startbüchern.

Im Galileo-Dienst gab es im Dezember eine kurzzeitige Störung. Am 14. 12. 2020 um 0 Uhr UTC gab es eine Anomalie in der Zeitbestimmung auf Seiten des Bodensegments. Die Störung zeigte sich, indem für die „Signal-In-Space Accuracy“ „No Accuracy Prediction Available“ angezeigt wurde (SISA = NAPA). Nach einer Rekonfigurierung und einem Neustart lief das System sechs Stunden später wieder nominal. Dem Vernehmen nach führte diese Anomalie zu einer Vergrößerung der Fehler der Pseudoranges.

Enspace – „Enhanced Navigation in Space“ – ist ein Horizon-2020-Projekt gewesen, das Ende 2017 mit einer Projektdauer von

24 Monaten gestartet wurde. Ziel des Projekts war (oder ist) der Bau von preiswerten GNSS-Empfängern, die mehrere Konstellationen verarbeiten sollen, insbesondere Galileo. Das Konsortium bestand aus sechs Partnern mit der italienischen Firma Qascom Srl als Führung. Es wird eine „Software Defined Radio"-Technologie verwendet, das heißt das System ist auch im Orbit noch oder wieder zu konfigurieren. Ein weiteres wichtiges Element ist die – energiesparende – „Snapshot"-Prozessierung: Es wird keine kontinuierliche Positionierung durchgeführt, wo diese nicht erforderlich ist.

Vor einigen Monaten nun gab es den Start eines ersten kommerziellen Prototyps, „QN400-space", an Bord eines kompakten Kleinsatelliten, eines sog. Cubesats namens Bobcat-1 zur Internationalen Raumstation ISS. Ursprünglicher Starttermin des von der Universität von Ohio entwickelten Satelliten sollte der 1. Oktober 2020 sein, letztlich erfolgte der Start am 2./3. Oktober an Bord des 15. Cygnus-Frachttransporters auf einer Antares-Rakete der Firma Northrop Grumman vom US-amerikanischen Wallops Island in Virginia aus. Hauptziel der Bobcat-1-Mission ist die Bestimmung des Zeitunterschieds zwischen den verschiedenen Konstellationen für eine verbesserte Navigation.

Die Firma Qascom hatte bereits Mitte 2018 eine kombinierte GPS-plus-Galileo-Positionierung erfolgreich auf der ISS im Rahmen des sog. Gariss-Projekts – einem gemeinsamen Projekt von ESA und Nasa – demonstriert.

NAVIC – NEWS

Die indische Weltraumorganisation ISRO gab bekannt, dass das indische Navigationssystem Navic von der Internationalen Maritimen Organisation (IMO) als eine Komponente des „World-Wide Radio Navigation System" (WWRNS) auf der 102. Sitzung des IMO-„Maritime Safety Committee" (MSC-102) anerkannt wurde. Nachdem die Navic-L5-Frequenz im vergangenen April vom RTCM Special Committee 104 als RTCM3.3-Standard anerkannt wurde, ist dies ein weiterer Schritt für das indische System zur weltweiten Akzeptanz und Nutzung.

Dazu passt die Meldung, dass sich die indische Regierung auf die Suche nach einem einheimischen Hersteller für Navic-Chips macht. Es soll sich dem Vernehmen nach um einen kombinierten GPS- und Navic-Empfänger handeln. Das Ziel ist die Nutzung des eigenen Navigationssystems z. B. für die Navigation, Location Based Services auf mobilen Endgeräten oder die Nachverfolgung von Objekten und Fahrzeugen.

Darüber hinaus wurde bekannt, dass für das zweite Quartal dieses Jahres der Start eines weiteren IRNSS-Satelliten, IRNSS J, geplant ist. Zuletzt war im April 2018 der neunte IRNSS-Satellit gestartet worden. Der erste als Ersatz für die nominell aus sieben Satelliten bestehende Konstellation im August 2017 gestartete Satellit IRNSS H ist zwar in der vorgesehenen Bahn angekommen, gilt jedoch aufgrund nicht ausgefahrener Sonnenpanels trotzdem als verloren.

SBAS – NEWS

Neben den Konstellationen von Navigationssatelliten in mittleren Bahnhöhen spielen die sogenannten Satellitenaugmentierungssysteme (SBAS) eine wichtige Rolle, insbesondere im Bereich der Genauigkeit und Integrität. Das europäische Egnos und das US-amerikanische WAAS sind die bekanntesten, bei anderen geostationären oder in geneigten geosynchronen Bahnen fliegenden Satelliten mit entsprechender Nutzlast ist die Unterscheidung, ob es sich um ein SBAS oder ein eigenständiges Navigationssystem handelt, nicht immer eindeutig.

Nun hat Südkorea angekündigt, im kommenden Jahr sein eigenes Korea Augmentation Satellite System (KASS) installieren zu wollen. Das System soll von zwei geostationären Satelliten abgestrahlt werden. Einer der beiden soll dabei der malaysische Measat-3D sein. Das System soll zertifiziert werden und den Anforderungen der Internationalen Luftfahrtbehörde ICAO genügen. Der Aufbau von KASS soll in enger Kooperation mit der Europäischen Union erfolgen. Der Startschuss für das Programm erfolgte bereits 2013.

Im September vergangenen Jahres begann die „Agency for Air Navigation Safety in Africa and Madagascar" (Asecna) ein SBAS-Signal über Afrika und dem Indischen Ozean abzustrahlen. Das Verfahren orientiert sich am europäischen Egnos. Als notwendige Bodenstationen dienen die Stationen des Sagaie-Netzes, das schon seit 2014 existiert und in erster Linie der Untersuchung der Ionosphäre dient. Das Signal wird von dem geostationären nigerianischen Satelliten NigComSat 1R ausgestrahlt. Das Signal wird ebenfalls in Europa empfangbar sein. Der volle operationelle Dienst einschließlich Safety-of-Life-Service wird für spätestens 2024 erwartet.

IGS-WORKSHOP ERST 2022

Der in zweijährigem Turnus stattfindende IGS-Workshop ist das wichtigste Treffen der Analysezentren und Studiengruppen des Internationalen GNSS-Dienstes. Dort werden die Strategien und Richtlinien für die wissenschaftliche Nutzung der Globalen Satellitennavigationssysteme diskutiert und weiterentwickelt. Die Workshops sind stets eine hervorragende Plattform, um sich mit den Betreibern und Analysten aller GNSS auszutauschen. Nachdem der für 2020 vorgesehene Workshop wegen der Covid-19-Pandemie bereits auf 2021 verschoben wurde, hat das Direktorium des IGS auf seiner Sitzung im Dezember 2020 nun eine weitere Verschiebung beschlossen. Der Workshop soll nun 2022 stattfinden, voraussichtlich – wie schon für 2020 vorgesehen – in Boulder, USA. Das genaue Datum – voraussichtlich im Frühjahr –ist noch nicht festgelegt worden.

MODELLBASIERTE 3D-KORREKTUR IN ANDROID

Einer der weltweit führenden GNSS-Experten, Frank van Diggelen, arbeitet seit einiger Zeit zusammen mit Google an der Nutzung von Smartphones zur GNSS-Positionierung, wir berichteten davon zum Beispiel in avn 2/2017. Dabei wurden Bibliotheken und Schnittstellen

(API) zum einfachen Zugriff auf die GNSS-Beobachtungen der Smartphone-Prozessoren und der Positionsberechnung verfügbar gemacht. Nun hat diese Allianz zu einer weiteren Verbesserung für die Berücksichtigung von Multipath geführt. Insbesondere in Großstädten und engen Straßenschluchten oder auch in Tälern sind reflektierte GNSS-Signale eine wesentliche Fehlerquelle. Sie können zu dramatischen Positionsfehlern führen. So kommt es vor, dass man sich scheinbar auf der falschen Straßenseite oder sogar in einem anderen Straßenblock befindet. Insbesondere in der Fahrzeugnavigation, bei der Angabe von Treffpunkten oder Notfällen kann das zu großen Problemen führen.

Die beste Möglichkeit zur Korrektur, abgesehen von komplexeren Analysen der empfangenen Signale, besteht in der Nutzung von 3D-Kartendaten. Damit können auf Basis der Geometrie zwischen Näherungsposition des Empfängers und den Satellitenpositionen die reflektierten, auf Grund von Sichthindernissen unmöglich direkt von den Satelliten kommenden Signale von der Berechnung ausgeschlossen werden. Van Diggelen hat nun mithilfe der Google-Infrastruktur mit 3D-Gebäudemodellen, den rohen GPS/GNSS-Messungen und maschinellem Lernen ein Tool zur Berechnung von GPS-Korrekturen aus 3D-Kartendaten entwickelt.

Das „Fused Location Provider"-API (FLP) nutzt nun das 3D-Karten-gestützte Korrekturberechnungsmodul mit den Daten von mehr als 3 850 Städten in der ganzen Welt, einschließlich aller Großstädte in Deutschland und Europa. Sobald das Google-Modul zur Aktivitätserkennung eine Fortbewegung in einer dieser Städte entdeckt, werden die Patches mit 3D-Modellen dieser Stadt auf das Smartphone geladen. Das Modul berechnet nun nach einem Algorithmus, ausgehend von der letzten, eventuell verfälschten Position, die korrigierten Positionen und führt diese via FLP und einer Systemschnittstelle an den GPS-Chip. Dieser kann dann genauere GPS-Positionen berechnen. Bisher läuft die neueste Version 2 auf den Google-eigenen Pixel-5- und Pixel-4a-Smartphones und hat eine Erfolgsquote von 75 % in der Elimination der groben Positionsfehler in Städten. Die Version 1 für Android-8-Smartphones liegt immerhin noch bei 50 % Reduktion. Die 3D-Korrektur kann für alle GNSS benutzt werden, auch für Glonass, Galileo, Beidou und QZSS.

Die Weiterentwicklung des Moduls wird ab diesem Frühjahr dann die Nutzung mit allen Smartphones der Version Android 8 unterstützen. Die Bewegungsmodi werden von Fußgängern auf Fahrzeuge und kinematische Anwendungen zur Navigation erweitert. Sie gehen mit größeren Updates von Google Maps einher, die mehr Kartendetails, wie Fußgängerinseln, Überführungen und Fußwege, enthalten und auch in diesem Jahr in Google Maps zur Verfügung stehen werden. Smartphone- und Chip-Hersteller, wie Mediatek und Broadcom mit dem Zweifrequenzchip BCM47765 sprechen von einem Durchbruch in der Innenstadtpositionierung mit dieser Kombination von L1/L5- und 3D-korrigierten GNSS-Daten.

ANDERE SATELLITENMISSIONEN: SENTINEL 6A

Der Altimetriesatellit Sentinel-6A wurde am 21. November 2020 auf einer Falcon-9-Rakete von der Vandenberg Air Force Base in Kalifornien, USA gestartet. Die Sentinel-6-Mission, auch Jason-Continuity-of-Service-Mission (Jason-CS) genannt, liefert mit wesentlichen Verbesserungen in den Sensoren eine Reihe von hochgenauen Messdaten zum Meeresspiegel, zur Atmosphäre und Daten zur Klimaänderung. Der als Gemeinschaftsprojekt der Europäischen Weltraumorganisation (ESA), der Nasa, der Europäischen Organisation zur Nutzung meteorologischer Satelliten (Eumetsat) und der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) entwickelte und betriebene Satellit soll insbesondere die sehr erfolgreichen Jason-Missionen fortsetzen, um das konsistente und kontinuierliche Monitoring der Meeresspiegeländerungen weiterzuführen. Sentinel-6 besteht aus zwei identischen Satelliten. Sentinel-6A wurde nach dem ehemaligen Nasa-Direktor der Abteilung für Erdbeobachtung, dem Ozeanographen Michael Freilich, benannt. Sentinel-6B soll 2025 gestartet werden. Sentinel-6 ist Teil des Copernicus-Programms der EU zur Erdbeobachtung und wurde von Airbus Defence and Space als Hauptauftragnehmer in Friedrichshafen am Bodensee gebaut.

Durch die digitale Architektur des Satelliten, das Altimeter und die erstmalige parallele Prozessierung der Radarsignale im Modus mit synthetischer Apertur (SAR, Synthetic Aperture Radar) und im konventionellen „Low Resolution Modus" (LRM) wurden bereits Ergebnisse mit bisher nicht erreichter Präzision und sehr geringem Rauschen erhalten. Die Daten werden schon im Satelliten prozessiert und das Datenvolumen reduziert sich dabei um die Hälfte, sodass eine feinere SAR-Auflösung erhalten werden kann. Zur verbesserten Genauigkeit trägt auch die präzise Bahnbestimmung von Sentinel-6A bei. Erstmals wurden GNSS-Empfänger mit kombiniertem Galileo-, GPS- und Glonass-Empfang eingesetzt. Zwei redundante „Precise Orbit Determination Receiver", entwickelt in einem Projekt des „ESA General Support Technology Programme" von Ruag Space in Österreich, mit speziell entwickelten Choke-Ring-Antennen sorgen für eine bisher nicht erreichte Orbitgenauigkeit. Den Kern bildet der von ESA und Airbus gebaute „Advanced GPS/Glonass Application Specific Integrated Circuit" Agga-4-Chip der vierten Generation, der nun auf L1/E1, L2 und L5/E5 alle GNSS verarbeiten kann. Erste Analysen der Bahngenauigkeit (POD) des ESA Navigation Office im Esoc, Darmstadt, zeigen auch schon durch Galileo-Signale alleine eine sehr gute Performanz des Receivers mit exzellenten Ergebnissen.

Ein weiterer GNSS-Empfänger der Nasa mit drei Antennen dient der Radiookkultationsmessung. Durch eine Antenne zur POD auf der Oberseite des Satelliten und je eine Antenne in und entgegengesetzt zur Flugrichtung werden Atmosphärenparameter abgeleitet. So können Profile von Temperatur, Druck und Wasserdampfgehalt berechnet werden und zum globalen Netz der mit dem Cosmic-Programm der Nasa gemessenen Radiookkultationsdaten beitragen. Insgesamt bestehen gute Aussichten, dass Sentinel-6 mit der erwarteten Genauigkeit der Altimeterhöhen von 1,7 cm, also doppelt so genau wie die besten bisherigen Messungen, einen wichtigen Beitrag zur Modellierung der Meeresspiegeländerungen und weitere im Rahmen des Copernicus-Programms „Essential Climate Parameters" definierten Parameter liefern wird.

HYBRIDE ZUGPOSITIONIERUNG ETCS

Im Zusammenhang mit der Modernisierung der Bahnsysteme in Europa hat die französische Firma Alstom ein neues System zur Zugpositionierung entwickelt. Es basiert auf einem zertifizierten Fusionsalgorithmus zur ausfallsicheren Positionsberechnung. Die Eingangsdaten stammen von einem Multi-GNSS-Empfänger, kombiniert mit Inertialsensoren und Odometrie. Durch die hybride Sensorkombination werden die Schwächen der Einzelsensoren überwunden und das System erlaubt eine zuverlässige Schätzung von Position und Geschwindigkeit der Züge.

Der GNSS-Empfänger von U-blox stammt aus dem Automotive-Bereich, die Inertiale Messeinheit (IMU) zur Überbrückung von GNSS-Ausfallzeiten ist eine temperaturkompensierte Mems-Technologie (enhanced micro-electromechanical system). Durch die Fusion werden die Nachteile der Odometer, d. h. z. B. Schlupf und Gleiten bei schlechten Wetterbedingungen, überwunden. Der durch Belgorail, einer Organisation zur Zertifizierung und Inspektion im Schienensektor zertifizierte Fusionsalgorithmus erlaubt so den Verzicht auf höherwertige und teurere externe Radarsensoren, wie sie bisher notwendig waren.

Das System wird zurzeit in Norwegen eingeführt und soll für alle Arten von Zügen und Umweltbedingungen geeignet sein, auch für die teilweise extremen winterlichen Bedingungen im hohen Norden. Diese Einführung ist ein wichtiger Schritt in der Akzeptanz von Multi-GNSS/Multi-Sensor-basierten Lösungen für den Bahnverkehr in dem zukünftigen „European Train Control System“ (ETCS).

DREI-WORTE-POSITIONIERUNG

Die Navigationsplattform Here (https://www.here.com) liefert Navigationslösungen „On Demand“ als eine Software-Komplettlösung für Automobilhersteller. Sie ist weltweit auf 150 Millionen Fahrzeugen zu finden. Sie bietet „Navigation-as-a-Service“ und kombiniert die Vorzüge von On-Board-Navigation mit einer mobilen Navigationsanwendung. Here und die Firma What3words haben sich nun für ein Projekt zur Fahrzeugnavigation zusammengeschlossen. What3words hat sich zum Ziel gesetzt die Positionierung zu vereinfachen. Dazu wurde ein System entwickelt, das die Erde in 3 m × 3 m große Quadrate einteilt und jedes dieser Quadrate mit einer Kombination aus drei Worten benennt. Tippt man auf der Webseite von What3words (https://what3words.com) z. B. „grünem. meersalz.bevölkert“ ein, findet man den Eingang zu einer allen Geodäten wohlbekannten Behörde. Ziel dieser Kodierung ist die einprägsame Bezeichnung von Geolokationen und die Vermeidung von nicht jedermann anschaulichen geographischen Koordinaten.

Die Partnerschaft von Here und What3words erlaubt nun die einfache Eingabe von Navigationszielen durch die Benennung der Drei-Worte-Adresse des Zielquadrats, auf 3 Meter genau. Somit kann man auch Ziele ohne Straßen- oder Ortsnamen, wie Strände, Parks oder Wanderwege mit Hütten, einfach kodieren und erreichen. Die drei Worte können direkt in das Navigationssystem eingegeben werden, analog zu den klassischen Eingaben von Straßenname, Hausnummer und Ort oder den Koordinaten. Die Worte der Zieladresse können in der freien App oder auf der Webseite von What3words abgefragt werden. Das System wird heute schon von Automobilherstellern, Logistikunternehmen und Mobility-Apps-Firmen wie z. B. Mercedes-Benz, Tata Motors, DB Schenker, Hermes und Cabify benutzt.

MOUNT EVEREST (IV)

Wie an dieser Stelle mehrfach berichtet, gab es in den vergangenen Monaten bzw. Jahren eine nepalesische und etwas später eine chinesische Expedition mit dem Ziel der Neubestimmung der Höhe des höchsten Bergs der Erde. Die nepalesische Expedition wurde unter anderem von der Universität des neuseeländischen Otago unterstützt. Nun gibt es eine erste offizielle Höhe für den Mount Everest: 8848,86 m! Diese wurde in einer gemeinsamen Erklärung nepalesischer und chinesischer Behörden vermeldet. Damit ist der neue Wert etwas höher als der bisher gültige, der bereits aus dem Jahr 1954 und von einer indischen Expedition stammt. Die Neuvermessung wurde insbesondere deshalb mit Spannung erwartet, weil neben der Vermutung, dass sich der Everest ca. 0,5 cm pro Jahr hebe, ein starkes Erdbeben im Jahr 2015 eine signifikante Änderung – in horizontaler wie in vertikaler Richtung – bewirkt haben könnte.

Acht - acht - vier - acht – Der Erdkundeunterricht muss also nicht umgeschrieben werden. Neben der kleinen Enttäuschung über eine nicht gemachte spektakuläre Entdeckung und der Bewunderung für die Genauigkeit der mehr als 65 Jahre zurückliegenden letzten Messung, sind wir auch ein wenig froh darüber, dass sich nicht alles auf der Welt dramatisch verändert.

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.soehne@bkg.bund.de