

Unter Brücken und im Weltraum – Die neue Ära der GNSS-Reflektometrie passt in einen Schuhkarton

Martin Bünnagel

■ Mit dem Start neuer Kleinsatelliten und kompakten Bodensensoren schlägt die GNSS-Reflektometrie in diesem Jahr ein neues Kapitel der Fernerkundung auf. Zwei deutsche Forschungsinstitute sind dabei Teil einer Entwicklung, die die klassischen Beobachtungsfelder der Geodäsie enorm erweitern. Im Fokus der Wissenschaft: das Klima und der Katastrophenschutz.

Es sind die Signale von Navigationssatelliten (GNSS), die der Erkundung von Atmosphäre und Erdoberfläche seit rund 20 Jahren immer neue Anwendungen beschieren – genauer gesagt: die Reflexionen der elektromagnetischen Wellen von GPS-, GLONASS-, Galileo- und Beidou-Satelliten auf Oberflächen. Mit dieser GNSS-Reflektometrie lassen sich die Eigenschaften von Atmosphäre, Wasser, Land und Eis erkunden – sowohl mit Empfängern in Satelliten als auch auf Bodenstationen.

Immer geht es dabei um die Analyse von Laufzeitunterschieden der auf der Erde reflektierten Signale, die Navigationssatelliten kostenfrei aussenden – weltumspannend und 24 Stunden am Tag. Um Rückschlüsse auf die Beschaffenheit von Oberflächen, die sich über die Messung der Differenzen zwischen Phase und Amplitude der Signale ergeben. Und manchmal auch nur, um eine verblüffend kostengünstige Lösung für ein neues Hochwasserwarnsystem zu entwickeln.

Und sowohl im All als auch zu Land sind die großen Meilensteine dieser Tage kompakt und klein: Die neue Ära der GNSS-Reflektometrie ist kaum größer als ein Schuhkarton.

So haben Dr. Makan Karegar und Professor Kristine Larson vom Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn mit einem kleinen und kostengünstigen Sensor eine Methode entwickelt, um den Wasserstand von

Flüssen kontinuierlich zu überwachen. Und am Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ ist das Forscherteam rund um Professor Jens Wickert und Milad Asgarimehr an Weltraum-Missionen beteiligt, die als Zukunft der Erdbeobachtung gehandelt werden: kostengünstige Kleinsatelliten, sogenannte Cubesats, mit GNSS-Technik an Bord.

Neues Hochwasserwarnsystem

Die Auswirkungen des Klimawandels sind wichtige Beobachtungsfelder dieser geodätischen Forschungsprojekte. So hat »Deutschland zwar hervorragende Hochwasser-Messnetze, aber es gibt noch viele Stellen entlang der Flüsse, die nicht überwacht werden«, berichtet Kristine Larson.

Eine Lösung für dieses Problem befindet sich in Wesel am Niederrhein. Dort verrichtet bereits seit zwei Jahren ein kostengünstiger GNSS-Empfänger seinen Dienst, der die auf Wasser reflektierten GNSS-Signale auswertet. Der Sensor kann an Brücken, Gebäuden oder auch an Bäumen angebracht werden und ist in der Lage, den Pegelstand von Flüssen per Mobilfunk an ein Auswertungs-Zentrum zu übermitteln. Es ist der Prototyp für den Betrieb eines preiswerten Hochwasser- und Dürre-Warnsystems, 24 Stunden am Tag, an 365 Tagen im Jahr.

Makan Karegar war federführend bei der Entwicklung der Hardware und der zugehörigen Telemetrie. »Es handelt sich um eine Art der Fernerkundung mit Signalen von Navigationssatelliten – der GNSS-Reflektometrie. Der größte Teil der Signale wird direkt von einer Bodenantenne empfangen, einen kleineren Teil empfängt die Antenne, nachdem die Signale an der Wasseroberfläche reflektiert wurden«, erläutert Karegar. Die Reflexion trifft einige Zeit nach dem direkten Signal an der Antenne ein. Anhand der Verzögerung des Signals zwischen den beiden Empfangszeiten lässt sich der Abstand der Antenne zum Wasserspiegel errechnen und damit der Pegel des Flusses – im Schnitt mit einer Genauigkeit von 1,5 Zentimetern. »Noch müssen aber mehr Daten von diesen Sensoren gesammelt werden, um ihre Zuverlässigkeit und Nützlichkeit zu beweisen«, sagt Karegar.

An einer Skalierung des Systems arbeitet bereits Kristine Larson. Sie ist für die Software und die Datenverarbeitung der GNSS-Sensoren zuständig. In Singapur hat sie im vergangenen Jahr einen Lehrgang über diese



Der kostengünstige Wasserstands-Sensor lässt sich mit Solarzellen betreiben, arbeitet autark und wartungsfrei.

Quelle: Makan Karegar/Uni Bonn

Technik für Geodäten und Vermesser in Südostasien gehalten. »Ich hoffe, dass wir mit dem Aufbau von Netzen der neuen Sensoren in dieser Region bald beginnen können«, sagt Larson. Es bestehe in Asien großes Interesse an der Verwendung des günstigen Sensors, der nur 150 Euro pro Stück kostet. Eine weitere Besonderheit: Die Anleitung für den Bau des Sensors haben die Bonner Wissenschaftler für jeden frei zugänglich auf der Entwickler-Plattform github veröffentlicht.

Neues Kapitel in der Satelliten-Reflektometrie

Auch im Weltall steht die GNSS-Reflektometrie vor dem Beginn einer neuen Ära. Eine neue Generation von Kleinsatelliten nutzt die von der Erdoberfläche reflektierten Signale der Navigationssatelliten, um mit ihren Empfängern eine große Bandbreite neuer Forschungsaufgaben zu erfüllen. Denn auch im All geht es um die Analyse der Laufzeitunterschiede der zurückgeworfenen GNSS-Signale – um die Erforschung von Böden in Tundren, Eisflächen in Gletscherregionen und des Regens über Ozeanen.

Hoch hinaus geht es für das GFZ in Potsdam aber erst dann, wenn der für den 9. März 2023 geplante Start der ESA-Satelliten-Mission Pretty gelingt und im kommenden Jahr der Start von Hydro-GNSS. Für Jens Wickert vom GFZ steht jedenfalls fest, dass diesen Kleinsatelliten-Systemen die Zukunft der Erdbeobachtung gehört – und der GNSS-Satelliten-Reflektometrie.

Pretty-Mission

»Mit einem Start können sehr viele Satelliten gleichzeitig ins All gebracht werden und das sehr günstig«, sagt Wickert. Pretty, eine Abkürzung für »Passive Reflectometry and Dosimetry«, ist ein sogenannter Cubesat mit einer Größe von 10 cm × 10 cm × 30 cm. »Er soll Messungen zur GNSS-Reflektometrie durchführen, etwa zu See-, Gletschereis- und Wellenhöhen, zudem Messungen zum Weltallwetter in Erdnähe«, erläutert Wickert. Pretty ist aber auch eine Demonstrator-Mission für diese Art von Kleinsatelliten. »Bei einer Missionszeit von zwei bis drei Jahren können wir eine Menge über die technischen Grenzen von kleinen Satelliten lernen und ihr Design verbessern«, sagt Wickert.

Sechs Jahre Cygnss – Regen über Ozeanen

Die Potsdamer Forscher des GFZ blicken bereits auf langjährige Erfahrungen mit Kleinsatelliten zurück. So unter anderem auf sechs Jahre Forschung in der Cygnss-Mission, bei der acht Kleinsatelliten zur Verfügung stehen. »Mit Cygnss beschäftigen wir uns mit Hilfe der GNSS-Reflektometrie unter anderem mit der Frage von Niederschlägen über den Ozeanen«, erklärt Milad Asgarimehr vom GFZ.

Dabei untersuchen die Potsdamer Forscher die Rauigkeit der Meeresoberfläche. Je rauer die Oberfläche, desto schwächer ist das Signal der reflektierten GNSS-Signale. »Wir können daraus ableiten, wo es über dem Ozean regnet. Denn Regentropfen, die auf Wasser fallen, machen das Wasser rauer. Wir stehen mit dieser Methode noch am Anfang, aber wir werden mit ihr Wissenslücken über die globale Niederschlagsverteilung schließen können«, prognostiziert Asgarimehr.

Hydro-GNSS

Startet im Jahr 2024 schließlich die ESA-Mission Hydro-GNSS, schließt sie weitere Wissenslücken über den Klimawandel. Mit Hilfe der GNSS-Reflektometrie werden Messungen der wichtigsten hydrologischen Klimavariablen möglich, unter anderem zu Bodenfeuchtigkeit, dem Zustand von Permafrostböden und Feuchtgebieten. Hydro-GNSS ist Teil der Scout-Missionen und ein Element des ESA-Programms »Future EO« zur Erdbeobachtung. Unter Scout plant die ESA einen oder mehrere Hydro-GNSS-Satelliten.

Zu viele Daten

Doch je erfolgreicher Missionen mit Kleinsatelliten verlaufen, je mehr Anwendungen und Lösungen es gibt, desto größer wird ein Problem: »Es gibt immer mehr Satelliten, 18.000 Bodenstationen weltweit und immer mehr Daten«, berichtet Jens Wickert vom GFZ. Das hohe Datenaufkommen erschwere es zunehmend, diese zu verarbeiten. Für die Datenanalyse habe das GFZ deshalb begonnen, Programme mit künstlicher Intelligenz (KI) und »Deep Learning« zu entwickeln. »KI hilft, mit den Daten umgehen zu können«, sagt Milad Asgarimehr, der beim GFZ auch federführend für die Entwicklung der KI-Systeme ist. Es sei wichtig, aus ihnen lernen zu können. Auch das ist Forschung für den Klimaschutz.

Kontakt: martin.buennagel@zon-verlag.de

