

„In das Innere der Wolken blicken“

SATELLITEN: Ende September startet die weltweit erste 3-D-Satellitenformation. Der Raumfahrtforscher Klaus Schilling spricht im Interview über 3-D-Messungen im Orbit und den Trend zum Minisatelliten.

VON IESTYN HARTBRICH

VDI NACHRICHTEN: Herr Schilling, Sie sind für die Satellitenformation NetSat verantwortlich, die kommende Woche gestartet wird. Was ist das Besondere?

KLAUS SCHILLING: Die vier NetSat-Satelliten sollen sich in 3-D selbst organisieren, das wäre eine Raumfahrtpremiere. Bislang wurden Formationen nur aus zwei Satelliten realisiert und zudem erst wenige Male.

Was können vier Satelliten, das zwei nicht können?

Zwei Satelliten können auf ihrer Verbindungslinie die Entfernung verändern, drei spannen bereits eine Ebene auf, aber erst vier einen dreidimensionalen Raum. Ein solcher Formationsflug ist einerseits aufwendig, denn er erfordert einen Austausch der Navigationsdaten, Messungen der Relativpositionen und -ausrichtungen sowie eine Koordination der Einzelbewegungen. Andererseits werden dadurch ganz neue Beobachtungstechniken möglich.

Welche zum Beispiel?

Wir arbeiten gerade an der Formation CloudCT, die 2022 starten soll und aus zehn Satelliten bestehen wird. Die Satelliten nutzen Methoden der Computertomographie, um in das Innere der Wolken zu blicken. Sie sammeln das an den Wolken rückgestreute Sonnenlicht aus verschiedenen Blickwinkeln auf und fügen es schichtweise zu einem 3-D-Gesamtbild zusammen.

Wozu ist das gut?

Wolken sind ein gewaltiger Unsicherheitsfaktor in Klimamodellen. Bislang beobachten wir vor allem die Wolkenoberflächen. Aber wir wollen auch den Wassergehalt bestimmen. Und dafür müssen wir hineinschauen.

Wie unterscheiden sich Satellitenformationen von Konstellationen? Davon gibt es ja bereits viele im Orbit.

Konstellationen sind nicht neu, das stimmt. Es gibt die Navigationsdienste GPS und Galileo, dazu im Bereich Telekommunikation Iridium und die stark wachsenden Megakonstellationen Starlink und OneWeb. In Konstellationen werden alle Satelliten einzeln von der Bodenstation gesteuert. Formationsatelliten tauschen hingegen Daten untereinander direkt aus und stimmen ihre Reaktionen aufeinander ab.

Wo sehen Sie die Vorteile von Formationen?

Dass Konstellationssatelliten auf Bodenkontakt angewiesen sind, beschränkt den Zugriff. Viele Satelliten fliegen in polaren, erdnahen Orbits:



Im Gespann: Vier dieser Satelliten bilden die NetSat-Formation. Sie können miteinander Manöver aushandeln, ohne mit der Bodenstation kommunizieren zu müssen.

Foto: ZFI Würzburg 2020

Sie umrunden die Erde in 90 Minuten, haben davon aber nur zehn Minuten lang Kontakt zur Bodenstation. Störungen, die während der restlichen 80 Minuten auftreten, können nicht unmittelbar korrigiert werden.

Das gilt nur dann, wenn es nur eine Bodenstation gibt. Schon, aber das ist der Normalfall.

Die geplanten erdnahen Konstellationen OneWeb und Starlink verfügen über Dutzende oder sogar hunderte Bodenstationen und garantieren damit ständigen Zugriff auf die Satelliten.

Da hier für eine interkontinentale Telekommunikationsverbindung die Signale zwischen den verschiedenen Bodenstationen und Satelliten häufig hin und her geschickt werden, geht der große Vorteil der niedrigen Orbits verloren: die Echt-

zeitfähigkeit. Die Satelliten untereinander kommunizieren kaum. Elegant ist das nicht. Zudem sind Bodenstationen teuer; ständiger Kontakt ist nur in großen und entsprechend teuren Programmen möglich. Übrigens: Sowohl OneWeb als auch Starlink planen für die nächsten Generationen mit Inter-Satellite-Links.

Was fehlt dann noch zur Formation?

Es muss noch die verteilte Regelungstechnik hinzukommen. Eine Formation wäre es, wenn die Satelliten Manöver miteinander abstimmen und sich für Beobachtungen koordinieren.

Warum gibt es noch keine Formationen mit mehr als zwei Satelliten?

Sie waren bislang zu teuer. Mit Ausnahme der CanX-4/5-Formation aus Kanada sind alle Formationssatelliten groß, viele liegen in der Preisregion um 100 Mio. €. Und kleine Satelliten waren im Hinblick auf Positions- und Lagekontrolle schlicht nicht präzise genug.

Je kleiner der Satellit, desto schwieriger ist er zu kontrollieren?

Ja, die Miniaturisierung der Flughardware ist eine große Herausforderung. Das ist das Neue bei NetSat: Die Satelliten haben sowohl einen Antrieb als auch ein sehr gutes Lageregelungssystem. Den Durchbruch brachte ein Miniaturreaktionsrad, das von den Firmen S⁴ und Wittenstein Cyber Motor entwickelt wurde. Dieses ermöglicht mit gerin-

gem Energieaufwand – ein Zehntel der klassischen Komponenten – eine präzise Ausrichtung auch im Bereich der Kleinstsatelliten.

Auf welchen Markt zielen Sie ab?

Wir halten Formationen für Beobachtungsaufgaben mit 3-D-Anforderungen für ideal – sowohl in der Erdbeobachtung als auch bei Weltraumwetteranwendungen. Aber Formationen bieten auch in der Telekommunikation wirtschaftliche Perspektiven. Die Verfügbarkeit des einzelnen Satelliten steigt, der Satellitenverbund wird insgesamt robuster und fehlertoleranter.

Was ist softwareseitig schwierig daran, Formationen fliegen zu lassen?

Die Fähigkeit zur Selbstorganisation erfordert eine verteilte, vernetzte Regelung. Das ist übrigens auch im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren und dem Internet der Dinge ein intensives Forschungsfeld. Eine konkrete Aufgabe in der Raumfahrt ist die Kollisionsvermeidung: Wenn Weltraumschrott eine Formation aus zwei Satelliten bedroht, wäre nichts gewonnen, wenn der erste beim Ausweichen den zweiten rammt. Die beiden Satelliten müssen ihre Manöver aufeinander abstimmen. Ein anderes Beispiel für verteilte Regelung ist die gemeinsame Ausrichtung auf Beobachtungsziele trotz der hohen Vorbeifluggeschwindigkeiten von etwa 20000 km/h.

Wo werden die Manöver berechnet?

Im Bordrechner.

Natürlich, aber in welchem?

Im verteilten. Wir schalten die Bordcomputer zu einem Rechnernetz zusammen. Dort werden die Entscheidungen getroffen. Daher rührt eine weitere Stärke verteilter Systeme: Redundanz. NetSat zum Beispiel könnte den Verlust eines Bordrechners verkraften, solange die Datenverbindung weiter funktioniert. Es übernehmen einfach die Rechner der drei anderen Satelliten. Die Rechenleistung sinkt dadurch natürlich, aber die Mission geht weiter.

Was heißt Formation konkret?

Wie muss man sich die NetSat-Satelliten im Orbit geometrisch vorstellen?

Sie fliegen als sogenanntes Cartwheel, oder Wagenrad. Die Formation rotiert um ihren Schwerpunkt, sodass die Satelliten abwechselnd die Entfernung zur Erde vergrößern und wieder verringern – wie bei einer um die Erde gelegten DNA-Helix mit vier Strängen. Mit dieser Anordnung verhindern wir, dass die Satelliten aufgrund unterschiedlich hoher Bahnen auseinanderdriften. Jeder Satellit ist etwa 100 km von den anderen entfernt.

NetSat

- Satelliten: 4
- Start: Soyuz-Rakete ab Plessezsk (RUS)
- erste 3-D-Satellitenformation
- Projektvolumen: 3,5 Mio. € (Start inklusive)

Klaus Schilling

- Lehrstuhl Robotik und Telematik an der Universität Würzburg
- Präsident des Zentrums für Telematik, eines Würzburger Forschungsunternehmens



Foto: Margarete de Selliers, Würzburg