Geodäsie

Intelligente Positionierung für Low-Cost-Nanosatelliten

Damit Nanosatelliten in Schwärmen fliegen können, brauchen sie ein Positionierungsmodul. ETH-Forschende haben ein solches mit günstigen GPS-Empfängern gebaut. Im Winter wird es erstmals ins All geschossen.

Nicht ohne Stolz präsentiert Michael Meindl in seinem Büro das Ergebnis von jahrelanger Forschung: eine leuchtend grüne Platine mit vier GPS-Empfängern in der Grösse von 20-Rappen-Stücken, umgeben von Kabeln, Antennen und jeder Menge Steuerungselektronik. Was Meindl in den Händen hält, ist ein Hochleistungs-Positionierungsmodul fürs Weltall, gebaut mit Low-Cost-Komponenten. Fast fünf Jahre hat die Gruppe von ETH-Professor Markus Rothacher vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie daran gearbeitet. In Zusammenarbeit mit der Hochschule Luzern, die für den Aufbau der Platine und die Steuerungssoftware verantwortlich ist, sind zahlreiche Bachelor- und Masterarbeiten mit direktem Bezug zum Projekt entstanden. Nun steht das Positionierungsmodul kurz vor seinem ersten Flug ins All.

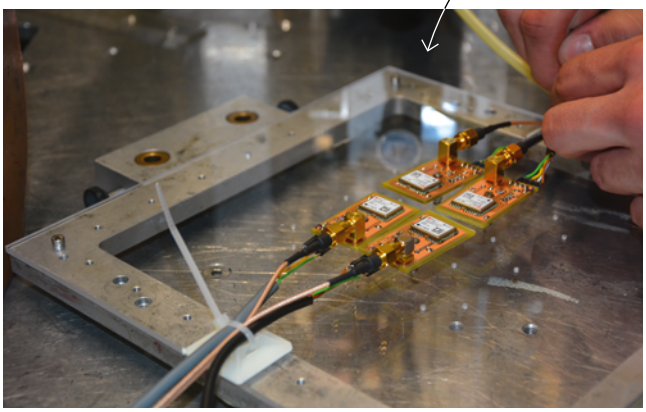
Dank des Standards «CubeSat» schicken heute auch Unternehmen und Hochschulen Satelliten ins All.

Günstig und vielseitig

Satelliten sind gewöhnlich Millionenprojekte. Jede Komponente muss mehrfach redundant und auf alle möglichen Eventualitäten getestet werden. «Ein Space-tauglicher Empfänger zur Positionierung eines Satelliten kostet etwa eine halbe Million Dollar», erklärt Meindl. Hinzu kommt, dass er mehrere Kilo wiegt und jede Menge Strom braucht – beides verursacht bedeutende Mehrkosten. «Das können sich nur grosse Nasa- oder Esa-Missionen leisten.» Rothachers Gruppe hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, eine deutlich günstigere Lösung für Nanosatelliten zu realisieren.

1999 wurde der Standard «CubeSat» für Nanosatelliten eingeführt: ein bis zu 1,3 Kilogramm schwerer Würfel mit einer Kantenlänge von 10 Zentimetern. Solche Satelliten fliegen heutzutage relativ günstig als zusätzliches Gepäck in Raketen für kommerzielle Missionen mit. Das führte zu einem Boom: Bis April 2018 wurden über 800 Cubesats ins Weltall geschickt. Satelliten werden zunehmend auch für Unternehmen, Hochschulen und sogar Private erschwinglich. Möglich wird dies durch den Einsatz von immer kleineren und günstigeren Sensoren. Deshalb ist Rothachers Gruppe eine Kooperation mit dem ETH-Spin-off und Schweizer Sensorentwickler «u-blox» eingegangen. «Unser Ziel war von Anfang an, das gesamte Modul mit Schweizer Know-how zu bauen», erzählt Meindl. Die Positionierungschips von U-Blox sind äusserst leistungsfähig und kosten deutlich unter 100 Franken pro Stück. Dadurch betragen die Materialkosten für das Positionierungsmodul am Ende unter

Bild: Astrocast SA



Die vier U-Blox-GPS-Empfänger sind das Herzstück des Moduls.

1000 Franken. Zudem wiegt es lediglich 100 Gramm, braucht ein Zwanzigstel des Stroms eines herkömmlichen GPS-Empfängers und hat eine ausreichende Genauigkeit von +/−10 Metern.

Gegenüber den teuren Konkurrenten hat der kleine Low-Cost-Empfänger von U-Blox noch einen weiteren Vorteil. Er kann nämlich die Signale von fünf verschiedenen Navigationssystemen empfangen: vom amerikanischen GPS, vom russischen Glonass, vom europäischen Galileo, das voraussichtlich bis 2020 fertiggestellt sein wird, vom rasant wachsenden chinesischen Beidou und vom japanischen QZSS. «Ein solcher Empfänger auf einem Satelliten im Weltall – das wäre eine Premiere», sagt Meindl. Das ist auch aus Forschungsperspektive interessant: Die U-Blox-Empfänger im Positionierungsmodul werden auch Rohdaten aufzeichnen und an die Bodenstation schicken. Diese kann Rothachers Gruppe weiter auswerten. «Dadurch können wir die fünf Navigationssysteme miteinander vergleichen und zusätzliche Daten verwenden, um die Flugbahn des Satelliten mit einer Genauigkeit von etwa 30 Zentimetern zu berechnen.» Zugleich sinkt die Abhängigkeit vom bislang dominanten GPS, das komplett in der Hand der USA liegt.

Tests unter Weltraumbedingungen

Um Probleme im Weltall so weit wie möglich ausschliessen zu können, durchliefen die Sensoren eine Reihe von harten Tests. Bei Ruag Space wurde der Sensor in einer Vakuumkammer so nahe wie möglich an den Druckverhältnissen im All betrieben. «Es gibt Materialien, die unter hohem Vakuum plötzlich verdampfen. Zudem können winzige Lufteinschlüsse Lötstellen zerstören», erklärt Meindl. Daraufhin wurde der Empfänger im Protonenbeschleuniger am Paul Scherrer Institut in Villigen mit Protonen beschossen. Schliesslich wurde er auch noch den extremen Temperaturschwankungen im Weltall ausgesetzt: Von +80 °C bis zu −40 °C, und dies praktisch ohne Übergangszeit.

Für die Feuertaufe im Weltall kooperiert Rothachers Gruppe aktuell mit «Astrocast», einem Unternehmen mit Sitz in Lausanne. Dieses hat sich zum Ziel gesetzt, ein weltumspannendes Kommunikationsnetzwerk aufzubauen – basierend auf Nanosatelliten. Dies im Hinblick auf die zunehmende Durchdringung unseres Alltags mit dem «Internet of Things» (IoT). Damit Milliarden von Smartphones, Autos, Motoren und Frachtcontainer zuverlässig miteinander kommunizieren können, wird ein lückenloses Kommunikationsnetz zunehmend wichtiger. Damit die Satelliten später in gleichmässigen Abständen zueinander fliegen und ihre Position wenn nötig anpassen können, ist eine exakte Positionierung zwingend.

Erster Nanosatelliten-Schwarm

Diesen Winter wird erstmals ein Astrocast-Satellit mit einer SpaceX-Rakete ins All geschossen, ein zweiter wird kurz darauf aus Indien gestartet. In beiden ist das Positionierungsmodul der ETH-Gruppe verbaut. Die Zusammenarbeit sei eine Win-win-Situation, sagt Meindl. Astrocast erhält einen leistungsstarken Empfänger für ihre Low-Cost-Satelliten, Rothachers Gruppe dafür die Gelegenheit, diesen kostenlos im All zu testen und die dabei erhobenen Daten auszuwerten. Mittelfristig will Astrocast bis zu 64 Nanosatelliten auf eine Höhe von rund 575 Kilometern schiessen und orbital kreisen lassen. Es wäre einer der ersten solchen Satellitenschwärme überhaupt. «Mit dem Cubesat-Standard wurden Satelliten miniaturisiert; nun folgen die Module zur Positionierung und weitere Sensoren», prognostiziert Meindl. — Samuel Schlaefli

Mehr Informationen zu Markus Rothachers Gruppe am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
→ www.mpg.igp.ethz.ch

Bild: Institut für Geodäsie und Photogrammetrie