



TUGSAT

Der erste österreichische Satellit

Grafik: Universität Wien

TUGSAT-1 / BRITE-Austria ist der erste österreichische Satellit. Der Missionsname BRITE steht für BRiGht Target Explorer. Als wissenschaftliche Nutzlast wurde eine Sternenkamera gewählt, die die Helligkeitsschwankungen massiver, sehr heller Sterne mit Hilfe differentieller Photometrie mit bisher nicht erreichter Genauig-

keit messen wird. Bei einer Masse von 7 Kilogramm und einer kubischen Form von 20 x 20 x 20 Zentimeter gehört er zur Klasse der Nanosatelliten. Der Start erfolgte am 25. Februar 2013 an Bord einer indischen PSLV-C20-Trägerrakete, gemeinsam mit sechs weiteren Kleinsatelliten, darunter der Schwestersatellit UniBRITE.

Vorgeschichte

Am 26. Oktober 2005 beschloß die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen des Österreichischen Weltraumprogrammes ASAP - einem Impulsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) - ein vom Institut für Kommunikationsnetze und Satellitenkommunikation (IKS) der TU Graz vorgeschlagenes Projekt für den Bau des ersten österreichischen Satelliten zu fördern. Damit wurde nun Wirklichkeit, was bereits für die AUSTROMIR-Mission (Flug des ersten Österreichers zur Raumstation MIR) 1991 geplant war, nämlich die Entwicklung eines wissenschaftlichen Kleinsatelliten. Diese Mission konnte damals leider aus Zeitgründen, ein später geplanter österreichisch-schweizerischer Forschungssatellit aus Kostengründen nicht realisiert werden.

Die TU Graz, die Universität Wien und die TU Wien kooperierten in diesem Projekt, um diesen Satelliten zu entwerfen, zu bauen und zu testen. Das Ergebnis der ersten Phase des Projekts war ein qualifikationsgetester, startbereiter Nanosatellit, der sich inzwischen im Weltall befindet. Am IKS

standen dafür eine Vakuumkammer, ein Schütteltisch sowie ein „Clean Room“ für die Entwicklung weltraumtauglicher Elektronik und spezielle Testgeräte zur Verfügung. Das Projekt wurde zu einem beträchtlichen Teil durch Arbeiten von Studierenden der drei kooperierenden österreichischen Universitäten im Rahmen von Diplom- und Projektarbeiten getragen. TUGSAT-1 ist somit ein interuniversitäres, aber auch ein interfakultäres Projekt.

Die Teams in Graz, Wien und Toronto beteiligten sich seit 2006 mit großem Engagement bei der Realisierung des Satelliten und konnten sich beim Start freuen, als es hieß: „Graz, we have no problem“.

Der Schwestersatellit UniBRITE

UniBRITE ist der von der Universität Wien beigesteuerte Schwestersatellit von TUGSAT. UniBRITE wurde unter Beteiligung des Instituts für Astronomie der Universität Wien am kanadischen Space Flight Laboratory der Universität Toronto entwickelt und gebaut. Der von der TU Graz gebaute BRITE-Austria ist daher der erste in Österreich konstruierte Satellit. Beide sind Teil der BRITE-Constellation, einem welt-



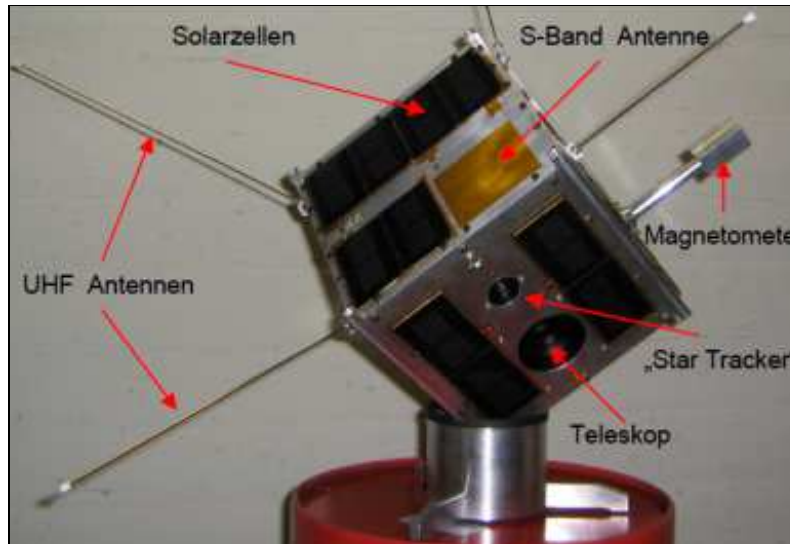
Der Start der Nanosatelliten am 25. Februar 2013 an Bord einer indischen PSLV-Rakete. Foto: TU Graz.

weiten Forschungsprojekt mit sechs baugleichen Satelliten – paarweise aus Österreich, Kanada und Polen. BRITE steht für BRiGht Target Explorer.

Wissenschaftliche Nutzlast

Als Nutzlast wurde eine Sternenkamera gewählt, die die Helligkeitsschwankungen massiver, sehr heller Sterne mit Hilfe differentieller Photometrie mit bisher nicht erreichter Genauigkeit messen wird. Diese massiven

Sterne sind ihrer Natur nach instabil (Partikel können beispielsweise die Gravitationskräfte überwinden). Astronomen erwarten über die Messung der Helligkeitsfluktuationen neue Aufschlüsse über die Rotation und die inneren Vorgänge dieser Sterne in der Helligkeitsklasse +3.5, von denen es etwa 340 gibt (der Großteil davon in der Milchstraße). Dies soll der Verbesserung der Theorien über die Entstehung des Universums dienen.



Der Aufbau des Nanosatelliten. Grafik: TU-Graz.

Die Sternenkamera, die mit einer Präzisionsoptik mit sehr geringer Lichtdämpfung ausgestattet ist, verwendet einen Kodak CCD-Sensor mit 4072 x 2720 Pixel. Da der Satellit seine Energie aus wenigen Solarzellen bezieht, muß der Stromverbrauch so gering wie möglich gehalten werden. Im Mittel stehen nur 6 Watt zur Verfügung, was ein effizientes Leistungsmanagement erfordert. Dies ist unter anderem Aufgabe des On-Board-Computers.



Die Kamera-Nutzlast. Foto: TU-Graz.

Während der Kameraaufnahme wird die Datenübertragung, die ebenfalls leistungsintensiv ist, abgeschaltet. Die zwischengespeicherten Daten sendet die Bordtelemetrie bei abgeschalteter Kamera zur Erde. Effiziente digitale Modulations- und Fehlersicherungsverfahren garantieren eine sichere Datenübertragung. Dieser Bereich ist eine Spezialität des IKS. Die langjährige Erfahrung, die vor allem in Projekten mit der europäischen Weltraumorganisation ESA gewonnen werden konnte, kommt dabei zum Tragen.

Wissenschaftliche Ziele

Die BRITE-Constellation aus sechs baugleichen Nanosatelliten hat die Erforschung der Entwicklungsgeschichte und Struktur massereicher Sterne zum Ziel. Die beteiligten Wissenschaftler hoffen, wichtige Erkenntnisse in Bezug auf unser Sonnensystem zu erlangen. Weiters wird die Rolle von stellaren Winden im interstellaren Materiekreislauf genauer untersucht und versucht, über Pulsation von Sternen mit Hilfe der Asteroseismologie das Alter und die Entwicklung dieser Sterne zu bestimmen.

BRITE-Constellation hat auch noch ungelöste Probleme im Visier: die Bestimmung der Größe von konvektiven Kernen von Sternen, der Einfluß der Rotation des Sterns auf dessen Entwicklung und die Wechselwirkungen mit dem stellaren Magnetfeld.

Wissenschaftlich neu ist, daß durch die Verfügbarkeit von zwei Nanosatelliten in der „Zwei-Farben-Option“ geforscht werden kann. Durch den Einbau von speziellen Filtern wird UniBRITE die Sterne im roten Farbbereich erforschen, BRITE-Austria im blauen. Aufgrund der Mehrfarbenoption werden geometrische und thermische Effekte in der Analyse der beobachteten Phänomene getrennt.

BRITE-Constellation wird Sternschwingungen und Temperaturvariationen von Sternflecken bei massereichen Objekten messen. Diese hellen Sterne, 534 insgesamt, sind mit freiem Auge in einer klaren, dunklen Nacht sichtbar.

Bei rund 8.000 lichtschwächeren Sternen werden mit etwas geringerer Genauigkeit ebenfalls Helligkeitsschwankungen gemessen. Ziel ist es, etwa zehn helle und 100 schwächere Sterne zu photometrieren, also zu messen. Die gewonnenen Daten werden eine Quantität und Präzision aufweisen, wie sie bislang für helle Sterne noch nicht vorliegen.

Das Ziel ist die Untersuchung von hel-

len Sternen mit mittlerer bis hoher Masse in den unterschiedlichen Entwicklungsphasen: von der Kondensation aus dem interstellaren Medium, dem Beginn des Wasserstoffbrennens, bis hin zur Entwicklung zu (Roten) Riesen und dem Verglühen der Sterne. Massereiche Sterne sind heißer, entwickeln sich schneller und sterben früher. Sie haben eine große Leuchtkraft und sind sehr wichtig für die Ökologie des Universums, da sie in ihrer Endphase als Supernova sehr viel Masse verlieren. Das interstellare Medium wird dadurch mit Metallen angereichert und diese sind wiederum Voraussetzung für die Entstehung von Sternen, Planeten und letztlich auch für die Bildung von Leben.

Sterne mit mittlerer Masse verglühen nicht als Supernova, sondern bilden mit ihrer äußeren Hülle sogenannte planetarische Nebel. Am Ende ihrer Entwicklung, wenn das nukleare Brennen im Kern der Sterne zu Ende geht, reichern auch sie das interstellare Medium mit Metallen an und sie erlauben zu untersuchen, wie sich unsere Sonne im Laufe ihrer Entwicklung verändert hat und noch verändern wird.

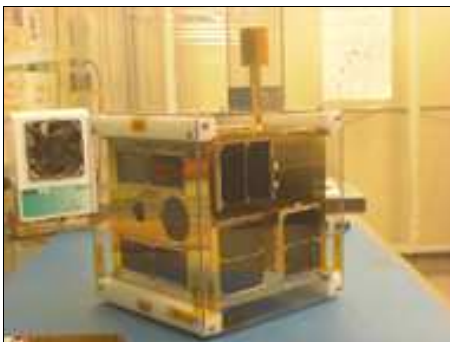
Der Nano-Satellit

Eine wesentliche Innovation des Projektes liegt in einer präzisen, miniaturisierten Dreiaachsenstabilisierung. Drei von Kleinstelektromotoren angetriebene Schwungmassen stabilisieren den Nanosatelliten im Raum. Sonnensensoren, die an allen Flächen angebracht sind, sowie ein Magnetometer

dienen der Lagebestimmung. Die Feinausrichtung erfolgt mit dem so genannten „Star Tracker“, einer eigenen Kamera zur Aufnahme einer bekannten Sternkonstellation. Drei Elektromagnetspulen ermöglichen einmal pro Umlauf des Satelliten, die von den Schwungrädern aufgenommenen Störmomente zu kompensieren. Ein eigener Prozessor ist für das Lageregelungssystem zuständig.

Der Nanosatellit wird die jüngsten Verbesserungen im Bereich der Lageregelung mit Genauigkeiten bis zu einer Bogenminute nützen. Dies öffnet der Astronomie und zukünftigen Weltraummissionen mit hohen Genauigkeitsanforderungen eine neue Dimension unter Nutzung von miniaturisierten, kostengünstigen Satelliten. Denkbar wäre für einen zukünftigen TUGSAT-x die Aufgabe eines sehr billigen Erderkundungssatelliten.

TUGSAT-1 wird sich auf einer erdnahen sonnensynchronen polaren Bahn in einer Höhe von etwa 800 Kilometer bewegen, womit sich eine Umlaufzeit von ungefähr 100 Minuten ergibt. Der Start erfolgte im Februar 2013 auf einer indischen Rakete vom Typ PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) zu kostenmäßig relativ günstigen Konditionen. Start und Betrieb des Satelliten wird in einer zweiten Phase seitens der FFG gefördert.



UniBRITE im Reinraum in Toronto.
Foto: BRITE-Constellation.

Eingeschränkte Kommunikation mit den Satelliten

Von einer Bodenstation ist der Satellit ungefähr 10 Minuten empfangbar. In dieser Zeit können die zwischengespeicherten Messdaten und Aufnahmen der Sternkamera empfangen werden. Am Campus der TU Graz in der Inffeldgasse wurde ein Kontroll-

zentrum für den Satelliten errichtet, weitere Bodenstationen gibt es an der TU Wien und in Toronto. Die Antenne einer Bodenstation für niedrig umlaufende Satelliten muß dem Satelliten nachgeführt werden. Dazu wird die Satellitenbahn vorausberechnet und damit die Antennenbewegung gesteuert. Dies setzt korrekte Bahndaten voraus, die von einem speziellen Servicedienst via Internet bezogen werden.

Für die Kommunikation steht eine Sendeleistung von 0,5 Watt zur Verfügung, damit kann pro Tag ein Datenvolumen von 180 bis 2000 Kbyte übertragen werden, bei einer Übertragungsrate zwischen 32 und 256 kbit/s. Als Frequenzbereiche ist das S-Band für den Downlink, UHF für den Uplink sowie VHF als Beacon verfügbar.

Der Start und die ersten Wochen im Weltraum

Der Satellit wurde am 25. Februar 2013 als Sekundärnutzlast vom Satish Dhawan Space Centre in Sriharikota/Indien gestartet. TUGSAT-1 wurde zusammen mit 6 weiteren Satelliten (inklusive des Schwestersatelliten UniBRITE) an Bord der PSLV-C20-Rakete (Polar Satellite Launch Vehicle) der Indischen Weltraumorganisation ISRO in den Orbit gebracht. Die Trägerrakete PSLV-C20 hob am 25. Februar 2013 wie geplant um 13:31 MEZ ab und setzte ungefähr 20 Minuten später den TUGSAT-1 in 792 Kilometer Höhe aus. An der TU Graz haben etwa 140 Personen den spannenden Launch-Event live mitverfolgt.

Das Startzentrum „Satish Dhawan Space Centre“ (SDSC) befindet sich in Sriharikota im Bundesstaat Andhra Pradesh, Indien und ist der primäre Startplatz für die indische Weltraumorganisation „Indian Space Research Organisation“ (ISRO). Seine Position befindet sich etwa 80 Kilometer nördlich von Chennai in Südindien und hieß ursprünglich „Sriharikota High Altitude Range“ (SHAR) oder „Sriharikota Launching Range“.

Das Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV) ist eine indische Trägerrakete für leichte bis mittelschwere Nutzlasten. Es handelt sich dabei um eine vierstufige Rakete, bestehend aus zwei Feststoffstufen (erste und dritte Stufe)

und zwei Flüssigtreibstoffstufen (zweite und vierte Stufe). Zusätzlich wird die erste Stufe in der Basisversion von sechs kleineren Feststoffboostern unterstützt. Die erste indische Raumsonde Chandrayaan-1 wurde 2008 ebenfalls mit einer PSLV zum Mond gestartet.



Der Startort in Indien. Grafik: TU Graz.

Am 5. März 2013 vollendete TUGSAT-1 seinen 100. Umlauf und hatte damit bereits ungefähr 4,5 Millionen Kilometer im All zurückgelegt. Es konnte festgestellt werden, daß alle bisher getesteten Subsysteme einen ausgezeichneten Gesundheitszustand aufwiesen. Bis zum 11. März wurden alle Sensoren (Sonnensensoren und Magnetometer) und Aktuatoren (Magnetorquer und Schwungräder) funktionell getestet. Anschließend wurde das Enttaumeln des Satelliten durchgeführt, um seine Lage zu stabilisieren und eine gezielte Ausrichtung zu ermöglichen.

Während des 404ten Umlaufs wurde die erste Aufnahme des Sternfelds mit dem wissenschaftlichen Instrument (Teleskop) durchgeführt. Am 25. März 2013 wurde die erste Aufnahme, die Delta Corvus B9V (Magnitude 2,95) zeigt, heruntergeladen und von den Experten des Instituts für Astrophysik der Universität Wien analysiert. Anfang April wurde mit den Tests der Sternkamera (Startracker) begonnen und das Lageregelungssystem ausgecheckt. Am Instrument, der Bordkamera, wurden Tests betreffend Empfindlichkeit und Leistungsfähigkeit durchgeführt.

EF, Quelle: TUGSAT-Portal der TU Graz, Medienportal Universität Wien.