BRITE-Austria / TUGSAT-1-Mission

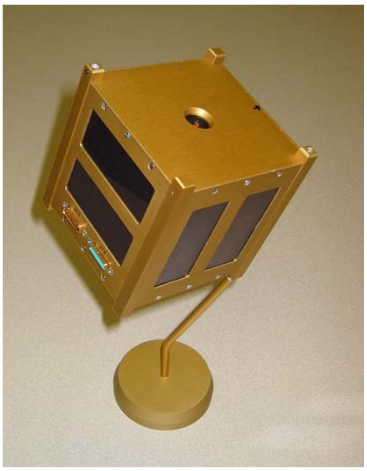
O.Koudelka, M.Unterberger, P.Romano
Institut für Kommunikationsnetze
und Satellitenkommunikation

Inhalt

- Einleitung
- Wissenschaftliche Zielsetzung
- Aufbau des Satelliten
- Tests
- Weltraumrecht
- Folgenutzen, Kooperationen

Nanosatelliten

- Masse < 10 kg
- „Cubesats“ (Prof. B.Twiggs):
  - klein
  - kostengünstig
  - relativ rasch entwickelt
  - „Co-Passagier“ auf Rakete
  - ideal zu Ausbildungszwecken

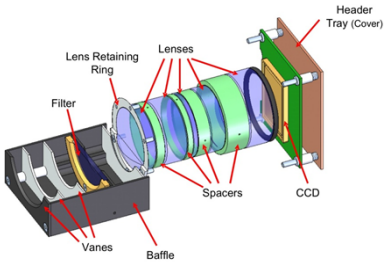


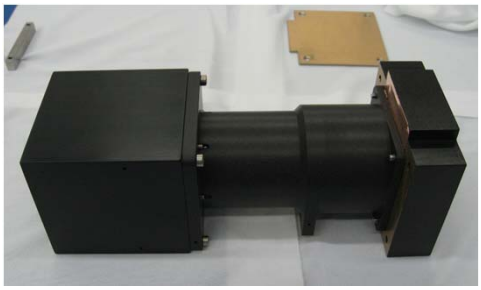
TUGSAT-1 /BRITE-AUSTRIA Projektziele

- Entwicklung, Bau, Test, Start und Betrieb des ersten österreichischen Satelliten im Rahmen des österreichischen Weltraumprogramms der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG
- Entwicklung einer kostengünstigen Kleinsatellitenplattform für wissenschaftliche und technologische Missionen
- Einbeziehung von Studierenden („Hands-on Training“) in der Gesamtabwicklung eines anspruchsvollen Weltraumprojektes

Wissenschaftliches Ziel

- Messung der Helligkeitsschwankungen massiver, heller Sterne (Größenordnung +3.5)
- BRITE: Bright Target Explorer
- Wissenschaftliche Nutzlast: optisches Teleskop mit CCD-Sensor





Massive, helle Sterne

- Beobachtung der Oszillationen im Bereich von Stunden bis Monaten

- Beobachtungen:
  - **Veränderung und Struktur** der hellsten Sterne
  - **Lebenszyklus der Materie** Bildung schwerer Elemente, Entstehung von Planeten, des Universums

BRITE Targets

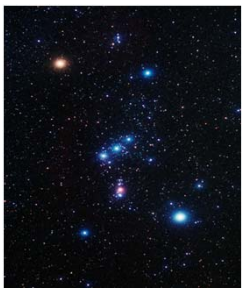
- **Heisse Sterne** (O and B), massive Sterne, Supernovas
  - – Einfluss der Rotation
- **Kalte, helle Sterne** (Rote Giganten and Rote Supergiganten), Kohlenstoff- und Neutronen-reiche Produzenten von Elementen
  - – Oberflächenfluktuationen

Massive, helle Sterne

- Massive Sterne sind heller, verbrennen „nuklearen Brennstoff“ rascher
- Ursachen der Helligkeitsschwankungen:
  - – Änderung im magnetischen Feld
  - – Dichteschwankungen
  - – Rotationen im Stern
  - – Temperaturschwankungen an der Oberfläche

BRITE-Mission

- Eröffnet der Astronomie eine neue Dimension in der Erkundung von hellen Sternen ohne Störung durch die Erdatmosphäre mit Hilfe von kostengünstigen Instrumenten
- Verbesserte Theorien über massive, helle Sterne

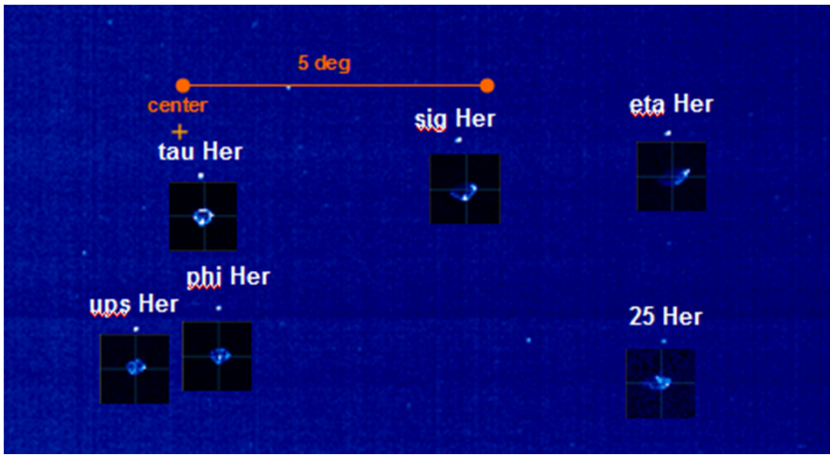


Teleskop

Misst mit hoher Genauigkeit, wie stark die Helligkeit schwankt
Mindestens 2 Zielsterne im Beobachtungsfeld des Aufnahmesensors

Helligkeitsschwankungen

Sternenbilder



Kooperation

„Maple leaf meets red-white-red“

Kooperation

Kanada

Österreich

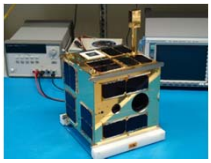
Polen

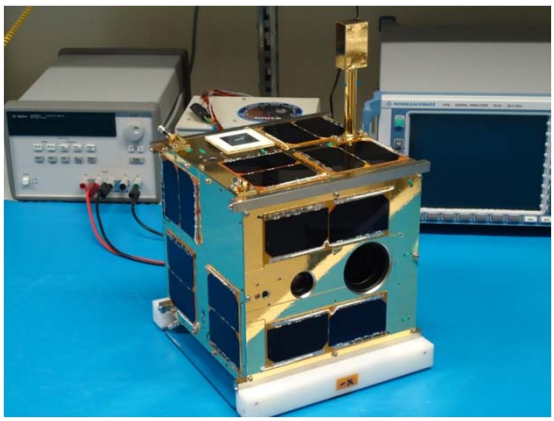
BRITE Constellation

- 6 Satelliten, arbeiten in Paaren
  - Rotes und blaues Filter, keine beweglichen Teile
- 2 aus Österreich: TUGSAT-1/BRITE-Austria & UniBRITE
- 2 aus Polen: BRITE-PL1 (LEM) & BRITE-PL2
- 2 aus Kanada: BRITE-CAN 1 & BRITE-CAN 2

"Steckbrief" des Satelliten

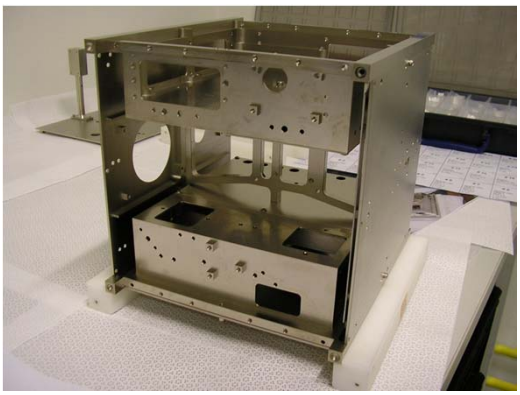
- Abmesungen: 20 x 20 x 20 cm
- Masse: 6.8 kg
- Stromversorgung: Solarzellen und Lithium-Ionen-Batterien liefern 6 – 10 W elektrische Leistung
- Datenübertragungsrate: 32 bis 256 kbit/s
- Datenvolumen pro Tag: typisch 2 – 8 MByte
- Frequenzbereiche:
  - UHF-Band: Empfang von Kommandos
  - S-Band (2 GHz): Datenübermittlung zur Bodenstation
- Sendeleistung: 0.5 Watt

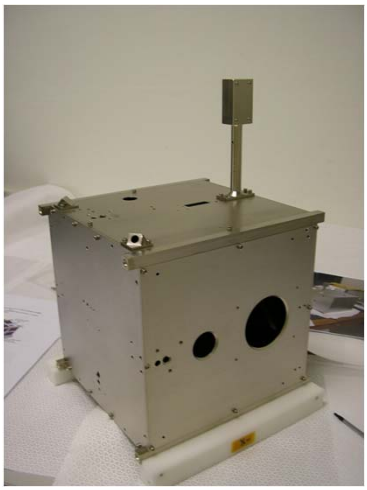




Elemente des Satelliten

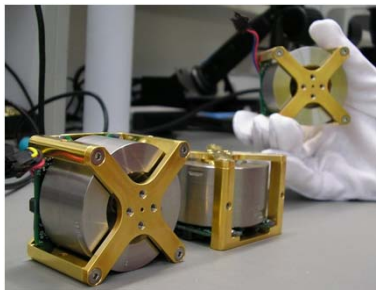
Mechanische Struktur





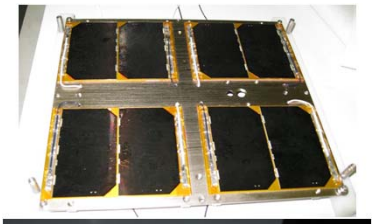
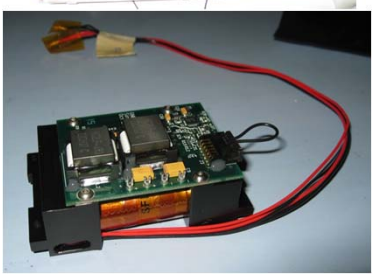
Lageregelung

- Herausforderung: genaue Ausrichtung des Teleskops auf die Zielsterne
- 3 miniaturisierte Schwungräder, Magnetspulen, Sonnensensoren, Magnetometer, präziser Sternensensor und Lageregelungscomputer ermöglichen Ausrichtgenauigkeit von 1,5 Bogenminuten



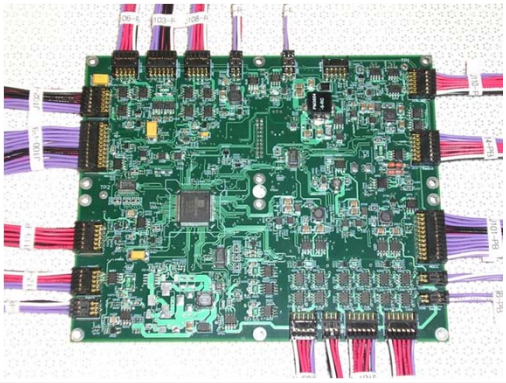
Stromversorgung

- 36 Solarzellen
  - an den 6 Würfelflächen angebracht
  - 6 W werden benötigt
  - Max. Leistung: 11 W
- Batterien
  - dienen der Energiespeicherung
  - zweite Batterie aus Redundanzgründen

Energieverwaltung

- Einzelne Subsysteme können computergesteuert ein- und ausgeschaltet werden, um Leistungsverbrauch zu optimieren



Computer

3 nahezu idente Computer an Bord:

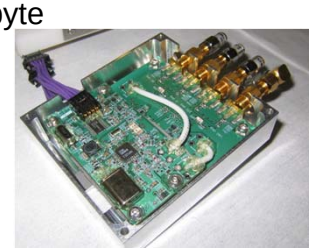
- Satellitenbetrieb und Überwachung aller Funktionen
- Lageregelung
- Steuerung des wissenschaftlichen Instruments (Teleskop)

Sender und Empfänger an Bord

- Frequenzen
  - UHF- Empfänger für Kommandos, Satellitensteuerung
  - S-Band- Sender für Datenübertragung zur Bodenstation
- Datenraten:
  - Satellit zur Bodenstation: 32 - 256 kbit/s (wissenschaftliche Daten, Statusinformationen des Satelliten)
  - Bodenstation zum Satelliten: 4 kbit/s (Kommandos)
- Datenvolumen / Tag: 2 bis 10 Megabyte

S-Band-Antennen

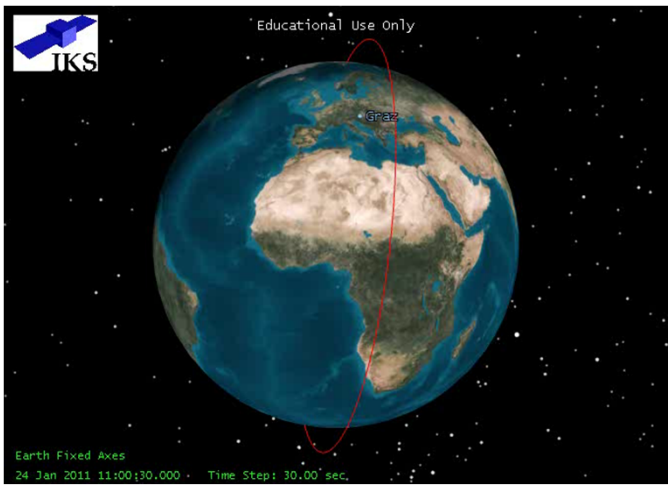
Sender



Satellitenbahn

- Sonnensynchrone Umlaufbahn (98° Bahnneigung)
- Ca. 790 km über Erde
- Umlaufzeit: ca. 100,5 Minuten

Bewegung des Satelliten um die Erde



Freisetzen des Satelliten

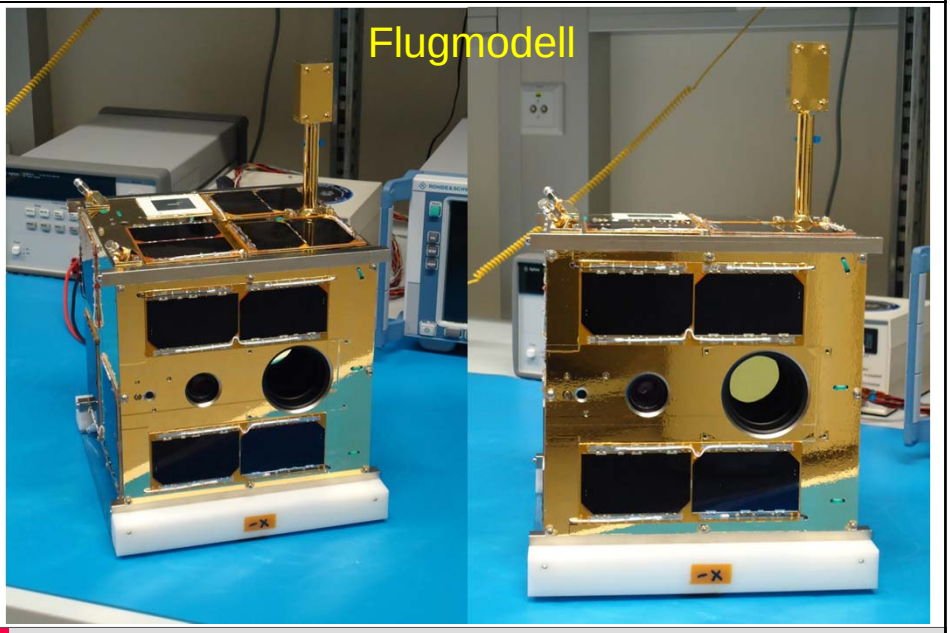
Unterzeichnung des Startvertrags durch Rektor Univ.Prof.Dr. Hans Sünkel am 22.10.2009

Kontroll- und Bodenstation IKS / Graz

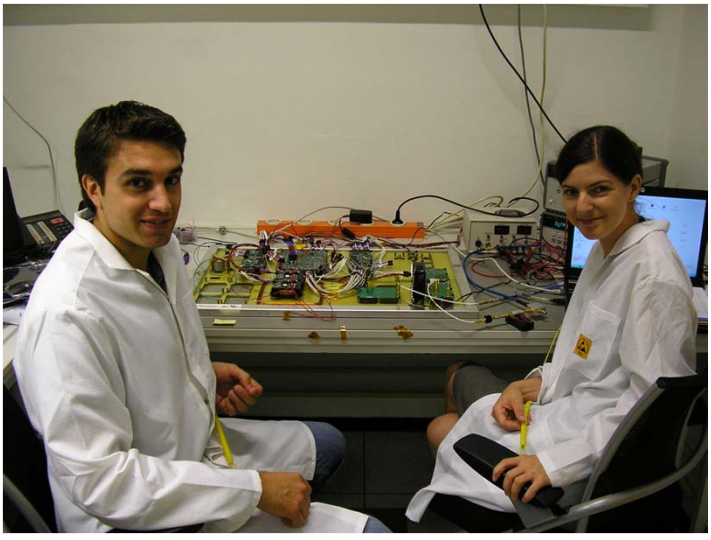
Nachführbare 3 m Antenne

Weitere Stationen

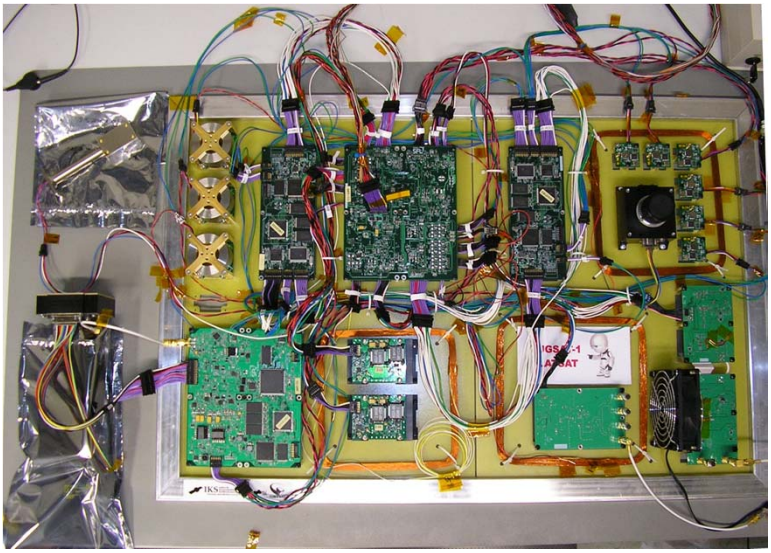
- Wien (Backup, UniBRITE)
- Toronto (BRITE-CAN-Kontrollstation)
- Warschau (BRITE-PL-Kontrollstation)



Test der Satellitenhardware/Software



Testaufbau der Satellitenkomponenten



Testinfrastruktur an der TU Graz

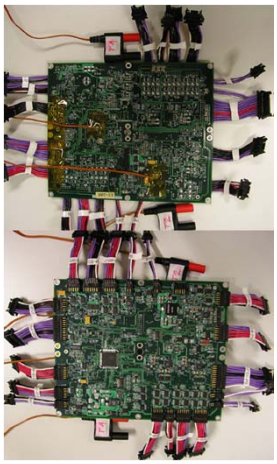
Schütteltisch

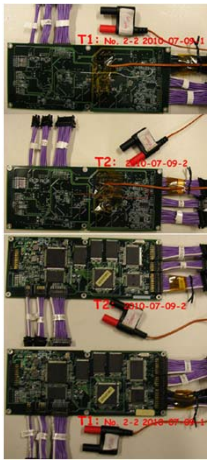
Thermal- u. Vakuumkammern

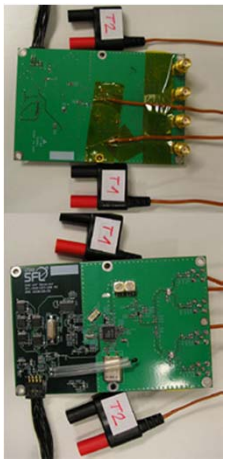
Reinraum

Thermische Schocktest

Thermische Schocktests (2)

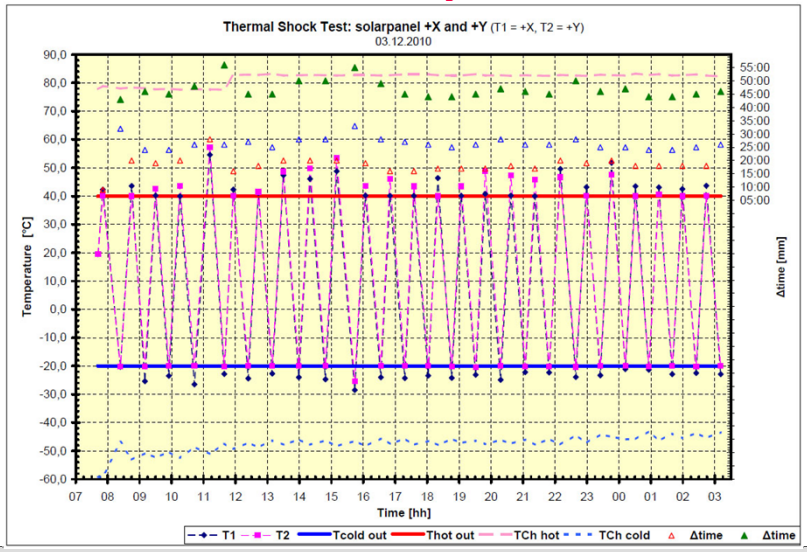




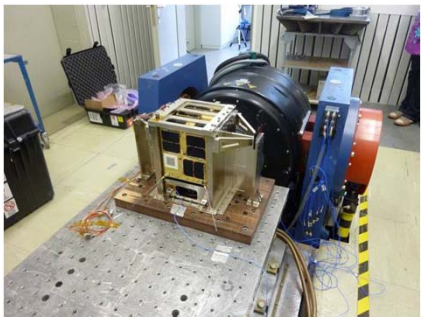


Thermische Schocktests

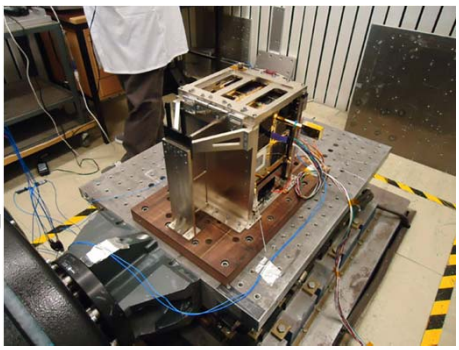
Thermalzyklen



Vibrationstests



Random Vibration Test
Frequenzbereich: 20 - 2000 Hz
Vibrationsachsen: 1
Dauer: 60 s



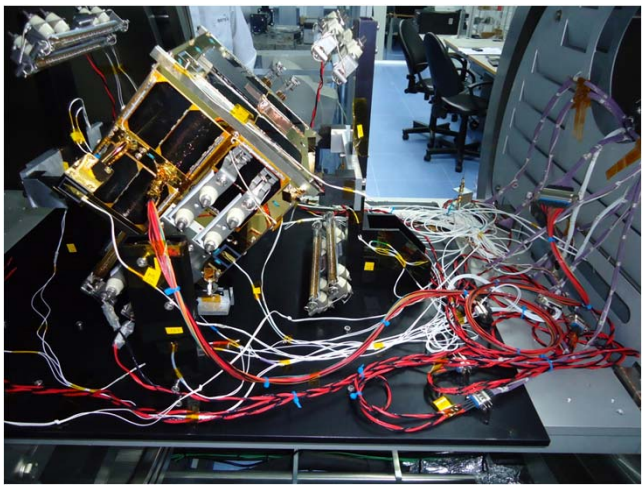
Sinustest
Amplitude/Beschleunigung: 8mm 7,7 g
Frequenzbereich: 5 - 8 Hz 8-100 Hz
Frequenzvariation: 4 Oct/min
Vibrationsachsen: 3 (X, Y, Z)
Dauer: 1,25 min/Achse

Thermal-Vakuumtests

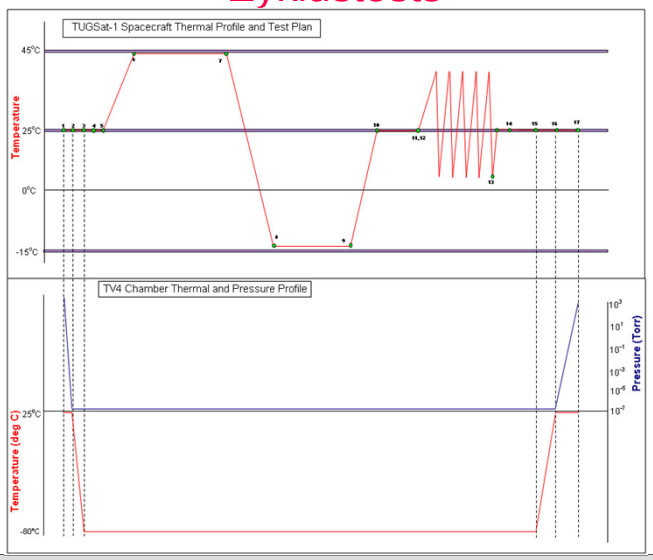
Thermal- Vakuumkammer

Kontrollraum

Thermal-Vakuumtest (2)



Zyklustests



Transport nach Indien

Ankunft in Indien

Tests in Indien

The BRITE Stars

Satish Dhawan Space Centre

Leben am Startgelände

Leben am Startgelände

Satelliten in der Rakete

TUGSAT-1 und UniBRITE

Satellit mit Auswurfmechanismus

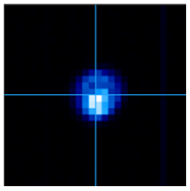
Rakete mit aerodynamischer Verkleidung

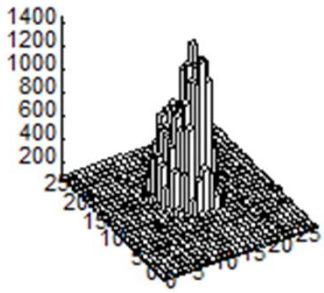
Satish Dhawan Space Centre, Sriharikota

TUGSAT-1 Start

- Start am 25.2.2013 um 13:31 MEZ
- Erster Funkkontakt mit TUGSAT-1 bereits nach 3 Stunden beim 1.Überflug über Bodenstation in Graz (15:46 MEZ)
- Erfolgreicher Test der Computer & Kommunikationssysteme, der Stromversorgung und der Lageregelung

1. Bild von TUGSAT-1





Delta Corvus B9V mag=2.95 Helligkeitsverteilung der Sternenaufnahme

Das Bild wurde während des 404.Umlaufs von TUGSAT-1 am 23.3. aufgenommen
und von Dr.Rainer Kuschnig (Universität Wien) ausgewertet

Österreichisches Weltraumgesetz

- Anlass: BRITE-Mission
- Seit 28.12.2011 in Kraft
- Regelt:
  - Genehmigungsverfahren
  - Haftung: Startstaat (Österreich) haftet immer
    - Regress
    - Haftpflichtversicherung
  - Registrierung bei UNO, ITU
  - Vermeidung von Weltraummüll
- Österreich erstmalig Startstaat
- Ausarbeitung vom bmvit beauftragt:
  - Ao.Univ.Prof.Dr. Irmgard Marboe (Universität Wien)
  - Univ.Prof. Dr. Christian Brünner (Universität Graz)
  - Minister a.D. Dr. Peter Jankowitsch

Zusammenfassung

- Technologie/Nachhaltigkeit: Entwicklung einer kostengünstigen Satellitenplattform für künftige wissenschaftliche und technologische Missionen
- Wissenschaft: Langzeitmessungen werden helfen, verbesserte Theorien über die massiven, hellen Sterne zu entwickeln
- Weltweit erste Nanosatelliten-Konstellation für astronomische Langzeitbeobachtungen
- Mehrwert für Lehre:
  - TUGSAT-1 / BRITE Austria bietet angewandte Ausbildung für Studierende
  - „Nachwuchs“ für Weltraumwissenschaften heranbilden
  - Interesse für Naturwissenschaften fördern
- Österreich wird „Startstaat“

Projektkonsortium

- **Hauptauftragnehmer:**
  - Institut für Kommunikationsnetze Satellitenkommunikation (Prof. Otto Koudelka)
- **Subauftragnehmer:**
  - Institut für Astronomie (Prof. Werner Weiss)
  - Institut für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik (Prof. Arpad Scholtz)
- **Kooperationspartner:**
  - University of Toronto (Dr. Rob Zee)

Projektrealisierung

- Das Projekt wird von der Forschungsförderungsgesellschaft FFG im Rahmen des Österreichischen Weltraumprogramms, einem Impulsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert.

We are looking forward to a BRITE future!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!