



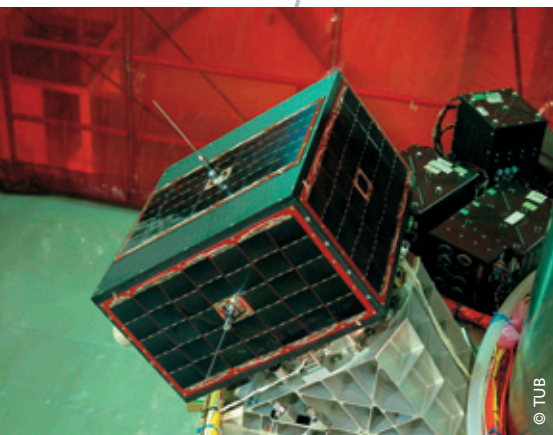
Live aus dem All – die Erde von oben betrachten

Ein Frachtschiff wird auf hoher See von Piraten geentert. Auf der anderen Seite der Welt braut sich ein Hurrikan zusammen. Wieder an einem anderen Ort führt Trockenheit zu einem Waldbrand. All dies sind Ereignisse, auf die mit Hilfe von Satelliten reagiert werden kann. Sie erlauben es, den Kurs von Schiffen zu überwachen, drohende Naturkatastrophen frühzeitig zu erkennen und viele andere Gefahrenpotenziale vorherzusehen. Satellitendaten werden von Tsunami-Frühwarnsystemen ebenso genutzt wie von Einsatzkräften in Erdbebengebieten. Und wer im Regenwald illegal große Flächen rodet, muss damit rechnen, aus dem Orbit entdeckt zu werden.

Doch es sind nicht nur solche dramatischen Ereignisse, bei denen Satelliten hilfreich sind. Auch in unserem ganz normalen Alltag nutzen wir sie täglich: sei es für die Wettervorhersage, für die Navigation oder den Fernsehempfang. Satelliten sind aus unserer Welt nicht mehr wegzudenken.

Die immer neuen Ansprüche an Sensorik, Antrieb, Steuerung oder Lebensdauer von Satelliten stellen hohe Anforderungen an Entwickler, Hersteller und Betreiber. Um Jugendliche frühzeitig mit dieser Thematik vertraut zu machen, bietet das DLR_School_Lab Neustrelitz eine ganz einzigartige Möglichkeit: Hier wird ein Satellit für Lehrzwecke eingesetzt! Und die Schülerinnen und Schüler können dabei sogar selbst bei Datenempfang und -auswertung mitwirken.

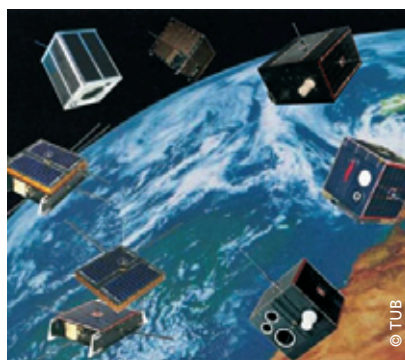
Live aus dem All – die Erde von oben betrachten



LAPAN-TUBSat auf der Trägerrakete montiert

Von der Idee zur Realität

Die Geschichte der TUBSats, einer Satellitenfamilie der Technischen Universität Berlin, begann im Jahr 1985. Bestreben dieses ehrgeizigen Projekts war es zum einen, unter Einbeziehung von Studierenden die Ausbildung dieser künftigen Ingenieure möglichst praxisnah zu gestalten und zum anderen die Technologieentwicklung im Satellitenbereich voranzutreiben. Es gelang bereits 1991, sechs Jahre nach dem Projektstart, TUBSat-A als „Piggyback-Last“ (zusätzliche Nutzlast) mit einer Ariane-4-Rakete in den Orbit zu schicken. Dort arbeitete er bis 2007 zuverlässig als Forschungs- und Kommunikationssatellit.



TUBSat-Familie der TU Berlin

Es folgten weitere Starts von Mikrosatelliten der TU Berlin, die allesamt der Forschung dienten. Sie wurden und werden für Erdbeobachtung und Kommunikation eingesetzt. Die Nutzlast der Berliner Satelliten liegt zwischen 3 kg und 56 kg.

Kooperationen

Der LAPAN-TUBSat ist das Ergebnis einer Kooperation der TU Berlin und der indonesischen Weltraumagentur LAPAN. Sein Start erfolgte mit einer indischen PSLV-C7-Rakete am 10. Januar 2007. Auch die anderen TUBSat-Missionen wurden in Kooperation mit Partnern wie dem DLR oder der Weltraumagentur Marokkos durchgeführt. Sowohl Indonesien als auch Marokko nutzten die Zusammenarbeit, um ihre eigenen Ingenieure für Weltraum- und Kommunikationstechnik und die satellitengestützte Erdbeobachtung fit zu machen. Somit erhielten diese Länder die Möglichkeit, Weltraumtechnologie selbst zu nutzen und mit den in diesem Bereich führenden Nationen zusammenzuarbeiten.

Für die indonesischen Wissenschaftler war es vor allem von Interesse, über ein Instrument für die Erdbeobachtung zu verfügen, da Indonesien aus ca. 17.000 Inseln besteht. Schwerpunkte sind dabei das Monitoring der Umwelt mit besonderem Augenmerk auf Landwirtschaft und Gewässer. Aber auch das Ship-Monitoring ist von Bedeutung. Naturkatastrophen wie Waldbrände, Vulkanausbrüche und Überflutungen können aus dem All großflächig beobachtet und Entscheidungen schneller getroffen werden.

LAPAN-TUBSat

Er ist mit seinen insgesamt 56 kg der bislang schwerste unter den TUBSats. An Bord des 45 cm x 45 cm x 27 cm großen Satelliten befinden sich zwei CCD-Video-kameras für die Erdbeobachtung. Die Kameras haben eine Bodenauflösung von 6 m bzw. 200 m. Das bedeutet, dass ein Pixel in der jeweiligen Videodarstellung eine Seitenlänge von 6 m bzw. 200 m hat.



Empfangsantennen im DLR-Standort Neustrelitz

An Bord des LAPAN-TUBSat befinden sich als Nutzlast neben den Kameras ein Sonnensensor und ein Sternensensor für die Orientierung im Raum. Die Lageregelung des Satelliten erfolgt ähnlich wie z. B. auf der ISS durch Reaktionsräder (Schwungräder) und Magnetspulen. Der Sternensensor ist seit Längerem nicht mehr funktionstüchtig. Trotzdem ist eine Orientierung mittels Erdhorizont möglich. Wenn diese erfolgt ist und der Satellit auf seiner Bahn stabilisiert wurde, kann der überflogene Bereich beobachtet werden. Dazu richtet der Satellit seine Videokamera nicht einfach „starr“ nach unten, sondern er kann so gesteuert werden, dass er auf bestimmte Gebiete ausgerichtet wird. Dadurch ist LAPAN-TUBSat in der Lage, nach „links“ und „rechts“ zu blicken oder auch eine Region – etwa einen Küstenabschnitt oder eine Stadt – in den Fokus zu nehmen. Und das alles bei einer Fluggeschwindigkeit von ca. 27.000 km/h.

Empfang und Steuerung im DLR_School_Lab

Erlaubt es der Zeitplan der Bodenstation und der Energiestatus des Satelliten, so können die Jugendlichen die Video- und Zustandsdaten des LAPAN-TUBSats im DLR_School_Lab in Echtzeit empfangen. Allein das Verfolgen der Übertragung ist äußerst spannend – wer hat schon die Möglichkeit, im Alltag einen Live-Empfang von Satellitendaten mitzuerleben! Die Videobilder haben eine Auflösung, die z.B. städtische Strukturen deutlich erkennen lässt. Im Idealfall steuern die Schüler den Satelliten sogar selbst. Hierzu wird eine von der TU Berlin entwickelte Steuerungssoftware eingesetzt. Das empfangene Videosignal wird auf den Empfangsmonitor geschaltet und kann mittels angeschlossenen Festplattenrekorders aufgezeichnet und anschließend ausgewertet werden. Mit Hilfe von Google Earth ist es z.B. möglich, den aufgenommenen Überflug nachzuempfinden und die empfangenen Bilder zu korrelieren.



Bild aus einem beim Überfliegen von Neustrelitz aufgenommenen Video

Hierfür sind gute topografische Kenntnisse bei den Schülerinnen und Schülern gefragt – und das nicht nur auf europäischer Ebene.

Neben den optischen Daten können auch sogenannte Housekeeping-Daten empfangen werden. Dabei handelt es sich um Informationen über den technischen Zustand des Satelliten. Es besteht so neben der Live-Beobachtung der Erde auch die Möglichkeit, den Flug des Satelliten anhand seiner Zustandsdaten näher zu untersuchen.

Für den Fall, dass der Live-Empfang nicht möglich ist, wie auch zur Vorbereitung eines realen Überflugs steht eine Experimentieranordnung zur Verfügung, an der das entsprechende Szenarium wirklichkeitsnah simuliert werden kann.



Experimentierstand im DLR_School_Lab Neustrelitz zum Erlernen der Satellitensteuerung

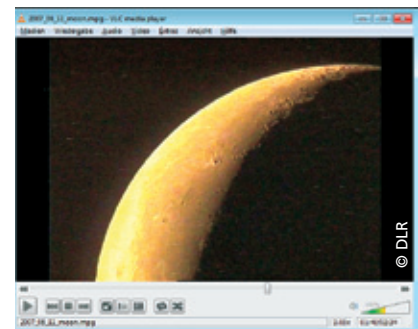
Dazu wird eine um zwei Raumrichtungen schwenkbare Kamera in Echtzeit über ein maßstabsgerechtes Satellitenbild (800 km x 1.600 km) bewegt, sodass die Lageregelung des Satelliten (bewegte Minikamera) wie in der Realität möglich wird und geübt werden kann. Die eigens für dieses Experiment entwickelte Software enthält mehrere Schwierigkeitsgrade. Damit ist es möglich, den besten Operateur für den Live-Überflug unter den Jugendlichen zu finden.

Jeder Satellitenempfang – ob real oder in der Simulation – setzt eine genaue Planung voraus. Anhand des im DLR_School_Lab vorhandenen Kartenmaterials wird die genaue Flugroute analysiert. Zahlreiche Mitschnitte von Überflügen stehen dann für Übungszwecke bereit. Wird die Steuerung des Satelliten beherrscht und wurde ein Überflug aufgezeichnet, kann das Videomaterial im Anschluss nach verschiedenen Gesichtspunkten analysiert und ausgewertet werden. Die aufgenommenen Videos werden z. B. nach markanten Gebäuden oder geografischen Regionen durchsucht. Einzelbilder aus dem Video erlauben es, Größenabschätzungen von Gebäuden und Fahrzeugen vorzunehmen. Mit ein wenig Mathematik können dann anhand der Aufnahmen z. B. die Größe und die Flughöhe eines Passagierjets abgeschätzt werden. Weiterhin gestatten die Aufnahmen, die Geschwindigkeiten großer bewegter Objekte (z. B. von Bussen oder LKW) zu bestimmen.

Im Bereich der Housekeeping-Daten ist der Ladezustand der Akkumulatoren für

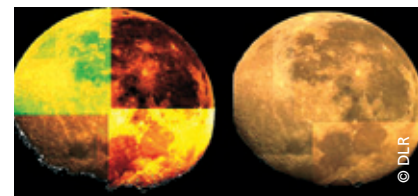
die Betriebszuverlässigkeit des Satelliten von entscheidender Bedeutung. In diesem Zusammenhang wird im DLR_School_Lab die Versorgung mit elektrischer Energie in der Satellitentechnik besprochen. Dabei wird schnell klar, dass nur die Nutzung von Solarenergie einen langfristigen Betrieb von Kleinsatelliten gewährleistet. Damit verbundene Probleme wie maximale Nutzungsdauer und Nachtbetrieb werden thematisiert.

Nicht nur die Erde steht im Fokus des LAPAN-TUBSats. Auch die Beobachtung



VLC erlaubt es, das Video in Einzelbilder zu zerlegen und daraus entsprechende Informationen zu erhalten

des Mondes ist möglich. In der Auswertung wird demonstriert, wie aus mehreren Einzelbildern eines Videos ein realitätsnahes, aussagekräftiges Gesamtbild des Erdtrabanten entsteht. Mittels einer Bildbearbeitungssoftware und des VLC-Players können die Schüler auch selbst sehr eindrucksvolle Grafiken erstellen. Die damit verbundenen Abläufe im Schülerlabor geben ihnen eine Vorstellung von der Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im DLR, die sich mit der Satellitenbildbearbeitung beschäftigen und gesammelte Daten für Nutzer grafisch aufbereiten.



„Rohbild“ und im DLR_School_Lab digital bearbeitetes Bild des Mondes

Die TUBSat-Familie

Die TU Berlin betreibt das TUBSat-Projekt, um Studentinnen und Studenten einen Einblick in die Raumfahrttechnologie zu geben. Diese lernen, einen Mikrosatelliten zu designen, aufzubauen, zu testen, ihn zu starten und letztendlich zu betreiben.

Das Design der TUBSat-Familie ist durchgängig sehr schlicht und einfach gehalten. Angefangen hat das Projekt lediglich mit der Zielstellung, Studierenden Praxiserfahrung im Umgang mit Satelliten zu vermitteln. Bis heute wurde das Projekt jedoch derart ausgeweitet, dass darüber hinaus auch inhaltliche Forschung betrieben werden kann. Dafür geht die TU Berlin mannigfaltige Kooperationen mit Raumfahrtagenturen ein, unter anderem auch mit dem DLR.

Satellit	LAPAN-TUBSat	MAROC-TUBSat
Aufgabe	Erdbeobachtung (Video)	Erdbeobachtung (Bild)
Masse	56 kg	47 kg
Trägersystem	PSLV-C7 (Indien)	Zenit 2 (Russland)
Startdatum	10. Januar 2007	10. Dezember 2001
Lebensdauer	in Betrieb	in Betrieb
Satellit	DLR-TUBSat	TUBSat-N/N1
Aufgabe	Erdbeobachtung (Video)	Kommunikation
Masse	45 kg	8 kg, 3 kg
Trägersystem	PSLV-C2 (Indien)	Schtil-1N (Russland)
Startdatum	26. Mai 1999	7. Juli 1998
Lebensdauer	letzter Kontakt: Frühjahr 2009	ein Jahr Flugzeit, Missionsende
Satellit	TUBSat-B	TUBSat-A
Aufgabe	Erdbeobachtung	Kommunikation
Masse	40 kg	35 kg
Trägersystem	Zyklon 3 (Russland)	Ariane 40 (Europa)
Startdatum	25. Januar 1994	17. Juli 1991
Lebensdauer	Kontaktverlust bereits nach 39 Tagen	letzter Kontakt: Frühjahr 2007

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Das DLR Neustrelitz

Der DLR-Standort Neustrelitz liegt etwa 100 Kilometer nördlich von Berlin im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Hier arbeiten über 70 Wissenschaftler, Ingenieure und Angestellte.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Standort sind den Themenbereichen satellitengestützte Erdbeobachtung, Navigation und Ionosphärenerkundung zugeordnet und gliedern sich in verschiedene Forschungsprogramme ein.



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

DLR_School_Lab Neustrelitz
Kalkhorstweg 53
17235 Neustrelitz

Leitung: Dr. Albrecht Weidemann
Telefon: 03981 237 862
oder 03981 480 220
Telefax: 03981 237 783
E-Mail: schoollab-neustrelitz@dlr.de

www.DLR.de/dlrschoollab