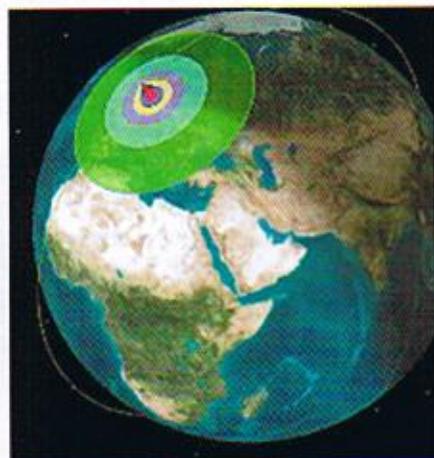


Campuszeit (Teil 1)

COMPASS-1**Ein Minisatellit auf dem Weg zum Start**

Von Artur Scholz und Prof. Hans-Joachim Blome

**Die Idee**

Es galt ein Projekt zu entwickeln, das Studenten Erfahrungen im interdisziplinären und internationalen Arbeitsbereich Raumfahrt-technik vermittelt und ihre Fähigkeit in der Teamarbeit demonstriert. Einen Kleinsatelliten komplett an einer Fachhochschule entwerfen und bauen zu lassen, der zudem eine wissenschaftliche bzw. technologische Aufgabenstellung verfolgt, schien uns am geeignetsten dafür zu sein.

Der Schlüssel hierzu heißt "CubeSat". Dies ist ein standardisiertes Buskonzept, welches die Rahmenparameter des Satelliten (Abmaße und Masse) vorgibt und damit seine Gestaltung und Auslegung von der Integration in den Launcher entkoppelt. Das Konzept wurde international von einer Vielzahl von Universitäten aufgenommen und teilweise schon erfolgreich umgesetzt [1]. Durch diesen Standard wird auch erreicht, dass mehrere solcher Satelliten gleichzeitig gestartet werden können und sich somit die Startkosten entsprechend reduzieren.

Projektziele

Grundsätzlich lassen sich die Ziele in zwei Hauptbereiche untergliedern. Zum einen ist dies die Vertiefung der Ausbildung, zum anderen die Verfolgung einer konkreten Aufgabenstellung in Form einer Mission. Im Einzelnen sind dies:

- Enge Zusammenarbeit zwischen FH und Industrie, sowie Kontakte zu anderen Hochschulen (national und international).
- Vermittlung praxisrelevanter Erfahrungen an die Studenten. Nicht nur im Bereich Technologie und Systemanalyse, sondern auch Projektmanagement und -planung.
- Bildung und Ausbau eines Kompetenzschwerpunktes Kleinsatellitenentwicklung.
- Grundsteinlegung für Folgeprojekte und damit Erhöhung der Attraktivität der Ausbildung an der FH Aachen.

Missionsziele**Die primäre Nutzlast**

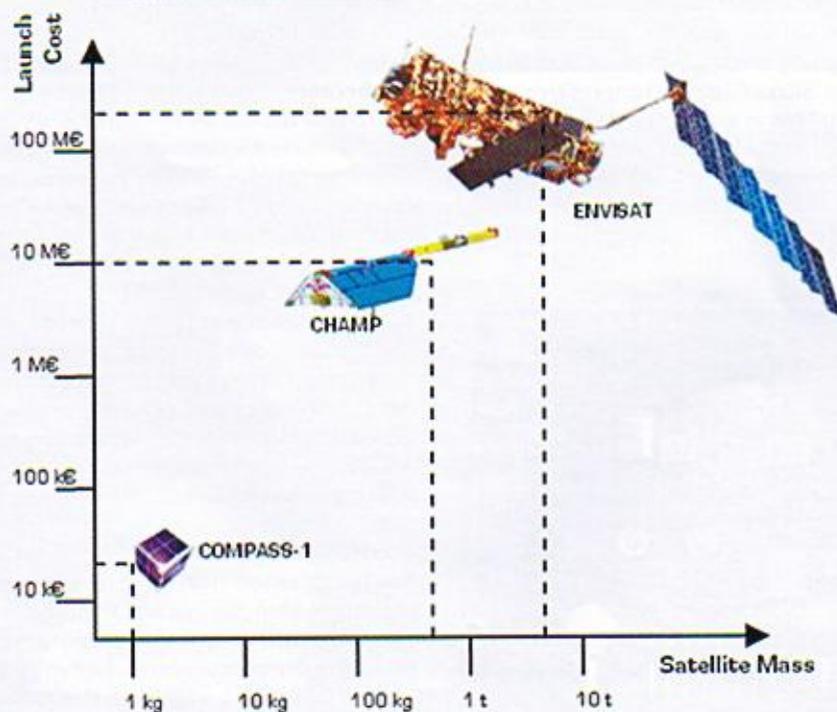
COMPASS-1 ist mit einer Miniaturkamera ausgestattet (4,45 mm Brennweite, 53° Öffnungswinkel), welche Aufnahmen von Landflächen mit einer Größe von 320 x 300 km machen wird. Damit können Wolkenformationen, Küstenlinien und Gebirgsketten identifiziert werden. Diese Bilder werden dann kostenfrei über Internet bereitgestellt und können wissenschaftlich ausgewertet werden. Sie sollen

auch dem Zweck dienen, die Raumfahrt für Jugend und Öffentlichkeit interessanter zu machen.

Technologiedemonstration

Es befinden sich zudem einige Technologiedemonstrationen an Bord des Satelliten. Unter anderem sind dies:

- hocheffiziente Multijunction-Solarzellen von RWE Solar GmbH, die einen sehr hohen Wirkungsgrad (26 %) aufweisen, um die geringe verfügbare Fläche des Satellitenkubus optimal zur Energiegewinnung auszunutzen,
- ein GPS-Empfänger, dessen Software vom DLR modifiziert wurde. Damit wird das Lageregelungssystem noch präziser und schneller mit den relevanten Informationen versorgt,
- sowie ein neu entwickelter Transceiver, der den Informationsaustausch zwischen Satellit und Bodenstation mit einer hohen Datenrate ermöglichen wird.



Verhältnis Startkosten zu Satellitenmasse

COMPASS-1 CubeSat-Datenblatt

Missionsdauer:	6 Monate
Flugbereits:	2. Hälfte 2006
Orbit:	600 - 800 km, 98°
Abmaße:	10 x 10 x 10 cm
Gewicht:	1 kg
Energie:	1,5 Watt
	2 x 1.200 mAh Akku
Kommunikation:	435 MHz downlink
	144 MHz uplink
Datenrate:	9.600 bps FSK

Der Satellitenbus

Der Satellit lässt sich, genau wie bei anderen Satelliten auch, in Untersysteme aufteilen, die notwendig sind um einerseits die Mission zu erfüllen und andererseits den harten Bedingungen im Weltall entgegen können.

Lageregelung

Das Lageregelungssystem wird die Informationen über die aktuelle Ausrichtung und Position des Satelliten bestimmen müssen, um dann entsprechend aktiv regeln zu können. Die Bestimmung wird über drei verschiedene Komponenten erreicht: Die Sonnensensoren, welche die Ausrichtung zur Sonne ermitteln, einem GPS-Receiver, welcher die genaue geographische Position des Satelliten liefert, sowie Magnetometern zur Messung der Erdmagnetfeldstärke an der aktuellen Position.

Der eingesetzte Phoenix-GPS-Receiver wurde vom DLR softwaremodifiziert und eignet sich aufgrund seiner sehr geringen Abmessungen und einem Gewicht von nur 22 g besonders für den Einsatz in kleinen Satelliten [2].

Die Sonnensensoren wurden von der in Kopenhagen liegenden Technischen Universität von Dänemark als Neuentwicklung bereitgestellt [3].

Wenn dann die Sensordaten vom Lageregelungscomputer aufgenommen und ausgewertet wurden, wird die notwendige Gegenregelung errechnet, um die im Orbit auftretenden Störeinflüsse zu kompensieren und den Satelliten in eine definierte Lage zu bringen und dort zu halten. Diese Gegenregelung geschieht aktiv mit der Hilfe von Magnetspulen, deren über Strom erzeugbares Magnetfeld dem der Erde interagiert.

Kommunikationsmodul

Die Kommunikation zwischen Satellit und Erde wird über Amateurfunkfrequenzen im 70 cm- und 2 m-Band erfolgen. Dazu befinden sich eine Dipol- und eine Monopolantenne auf der Vorderseite des Satelliten, welche nach dem Einschuss in den Orbit ausgefaltet werden.

In periodischen Abständen werden die essenziellen Systemdaten über die Batteriezustände, die Versorgungsspannungen und Temperaturen mittels Morsecode zur Erde gefunkt. Für den Empfang der Bilder und weitere Systemdaten nutzt der Satellit das AX.25-Protokoll und erreicht durch Frequenzmodulation eine Datenübertragungsgeschwindigkeit von 9.600 bps (bits per second). Ein speziell für diese Geschwindigkeit entwickelter Miniaturtransceiver strahlt diese Funkwellen dann über die Dipolantenne ab.

Energiesystem

Die elektrische Energie für den Betrieb der Mikrokontrollen und Komponenten des Satelliten kommt aus den Lithium-Polymer-Batterien, die in ein Schutzgehäuse eingegossen wurden um den Vakuumbedingungen standzuhalten. Diese Art von Batterien hat durch ihre hohe Energiedichte und flexible Formgebung das größte Wachstumspotenzial für die Zukunft, sowohl in terrestrischem Einsatz wie auch auf Satelliten. Bisher liegen noch nicht viele Ergebnisse zu ihrem Einsatz im Weltall vor. Daher wird in den Testanlagen der FH Aachen durch intensive Versuchskampagnen sichergestellt werden müssen, dass die entwickelte Lösung sich für den Einsatz in COMPASS-1 qualifiziert.

Das Aufladen der Batterien geschieht über die Verwertung der Solarstrahlung in den an den Außenflächen des Satelliten befindlichen Solarzellen. Diese Zellen sind eine Neuentwicklung von RWE Space [4] und besitzen eine Effizienz von 26%. Damit werden die geringen zur Verfügung stehenden Flächen des Satelliten optimal genutzt.

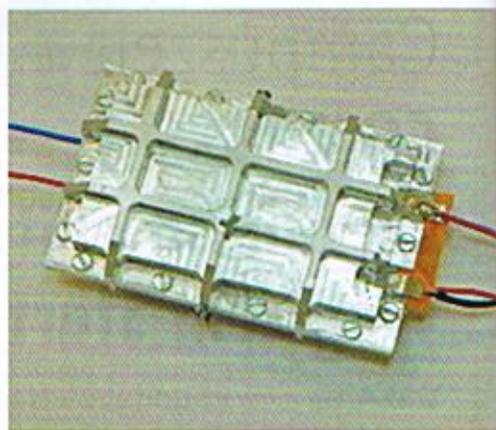
Bordrechner

Die Kommandos von der Bodenstation werden im Bordrechner des Satelliten umgesetzt. Dazu steuert der Mikrokontroller die Kameranutzlast an, liest diese mit der Hilfe eines FIFOs aus und speichert das Bild schließlich im 16 Mbyte großen Flash-Speicher.

Kontinuierlich überwacht der Bordrechner zudem die Zustände der anderen Systeme und speichert auch diese Daten für die Missionsauswertung. Abhängig von den Informationen des Energiesystems wird zwischen normalem Betriebsmodus und Energiesparmodus umgeschaltet. Auch wird der Betrieb des Lageregelungssystems kontrolliert und protokolliert.

Thermalsystem

Das Thermalsystem trägt Sorge darüber, dass alle verwendeten Bauteile und Komponenten für die Zeitdauer der gesamten Mission innerhalb ihrer Temperaturgrenzen bleiben. Dies wird auf COMPASS-1 größtenteils über passive Methoden realisiert. Dazu zählen die schwarze



Lithium-Polymer-Batterie im Schutzgehäuse.

Farbgebung der Seitenwände, die Auswahl von überwiegend für industrielle Temperaturen (-40°C bis +85°C) ausgelegte Bauteile und die Platzierung und Ausrichtung der Komponenten. Dennoch muss auch eine aktive Methode angewendet werden: Das Aufwärmen der Batterien mit Heizfolien für die Phasen in denen sich der Satellit im Erdschatten befindet.

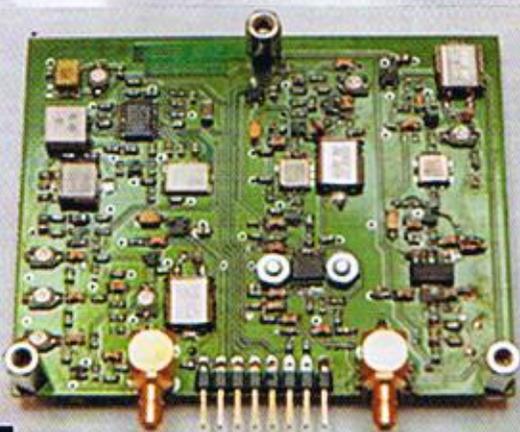
Satellitenstruktur

Grundsätzlich wurde sich beim Entwurf der Satellitenstruktur an die Vorgaben der CubeSat-Spezifikation gehalten, um eine problemlose Integration in die Startrakete zu gewährleisten. Als Material wurde 6061 Luftfahrtaluminium gewählt, welches trotz geringem Gewicht eine sehr hohe Festigkeit aufweist. Da der Satellit nicht mehr als 1 kg wiegen darf, wurde ein Konzept entworfen und umgesetzt, um mit möglichst wenig Material eine insgesamt sehr steife und robuste Struktur zu realisieren. Um zusätzlich den Zusammenbau und Test des Satelliten zu erleichtern, ist der Strukturrahmen leicht in seine Einzelteile zu zerlegen.

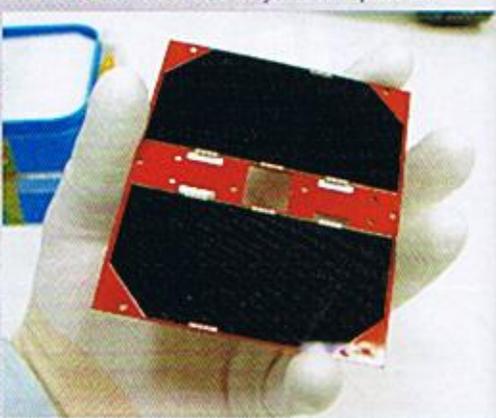
Organisation

Die Projektarbeit ist hierarchisch gegliedert, wobei sich auf der obersten Ebene die elementaren Arbeitsgebiete befinden (Management, Produktsicherung, Tests, System Satellit, usw.) und diese sich wiederum in Untersysteme aufteilen. Für das System Satellit sind dies die vorgestellten Bereiche der Lageregelung, Kommunikation, Bordrechner etc.

Die einzelnen Aufgaben (Arbeitspakete) bilden in ihrer Gesamtheit den Projektarbeitsplan. In



COMPASS-1-Transceiver.



Hocheffiziente Triple-Junction-Solarzellen.

monatlichen Statusmeetings wird der Projektverlauf überprüft und Vorgehensweisen diskutiert.

Umsetzung

Die Studenten des COMPASS-1-Teams sind größtenteils in Form von Studien- und Diplomarbeiten an dem Projekt beteiligt, die für die einzelnen Arbeitspakete vergeben werden. Auch Anerkennungen anderer Hochschulen (z.B. Masterarbeit zu Lageregelung am RMIT in Melbourne) sind möglich. Die Studenten führen ihre Arbeiten größtenteils eigenständig an den Arbeitsplätzen der FH durch und nutzen das Know-how der Fachhochschule durch den Kontakt zu den Ansprechpartnern (Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter) der verschiedenen Fachbereiche.

Für die Durchführung der Testkampagnen stehen dem Projekt verschiedene Vakuumanlagen, eine Thermalzyklenanlage, ein Sonnensimulator und weitere Geräte aus dem Besitz der FH Aachen zur Verfügung.

Team

Das Projektteam besteht aus 15 Mitgliedern unterschiedlicher Fachrichtungen. Den Großteil bilden die Studenten der Raumfahrttechnik, zusätzlich sind auch Studenten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik dabei. Das Projekt ist jedoch aufgrund seiner interdisziplinären Natur generell für Studenten aller Fachrichtungen geeignet. Die Professoren und Mitarbeiter des Fachbereichs Luft- und Raumfahrttechnik sowie anderer Fachbereiche der FH Aachen stehen den Studenten als Ansprechpartner und Kontakt zur Industrie und Forschung zur Verfügung.

Förderung

Finanziell wird das Vorhaben vom DLR und der FH Aachen unterstützt. Hinzu kommen die Beiträge aus Industrie und Wirtschaft in Form von Hardware- und Softwarebereitstellungen. Unter anderem zählen hierzu: RWE, Astrium, Samsung, Omnivision, Altium, AGI, JST, Honeywell, RS Components und andere.

Weitere Informationen:

www.raumfahrt.fh-aachen.de
E-Mail: cubesat@fh-aachen.de

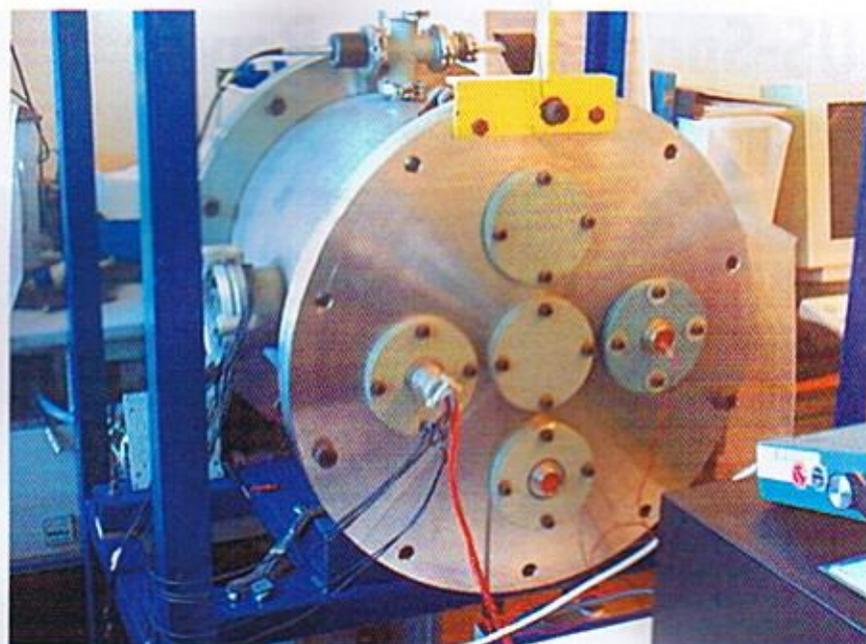
Quellen:

- [1] <http://cubesat.calpoly.edu/>
- [2] www.web.lad.dlr.de/rort/
- [3] www.mic.dtu.dk/
- [4] www.rwespace.de

Zu den Autoren:

Prof. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Blome ist seit 1999 Professor im Fachbereich Luft- und Raumfahrttechnik an der Fachhochschule Aachen.

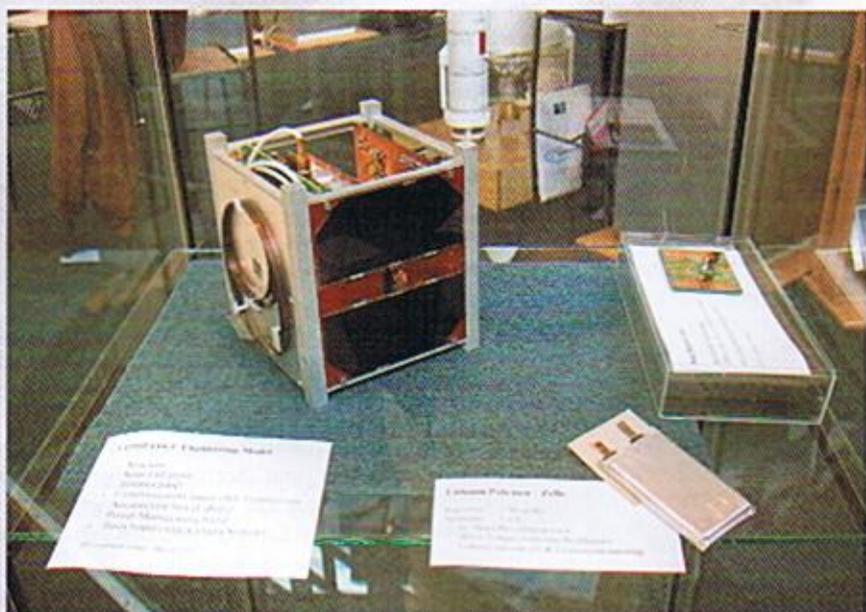
Dipl.-Ing. Artur Scholz ist Projektleiter des COMPASS-1-Vorhabens und ehemaliger Student der Fachhochschule Aachen.



Vakuumanlage der Fachhochschule.



Mitglieder des COMPASS-1-Teams (v.l.n.r.): Maria Bilen, Ali Aydinlioglu, Artur Scholz, Robert Klotz, Oliver Moreno, Tobias Seifert.



COMPASS-1 auf der ALPD in Friedrichshafen. Fotos: FH Aachen.