



Kleinsatelliteninitiative deutscher Hochschulen

Kleinsatellitenentwicklungen an deutschen Hochschulen

Die Förderung von Satellitenmissionen an Universitäten und Fachhochschulen führt zu einer deutlichen Stärkung des Raumfahrtstandorts Deutschlands. Sie ermöglicht hervorragend ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure mit wertvoller Projekterfahrung

- Verbesserung der Lehre und Steigerung der Motivation der Studierenden durch die Einbindung in Satellitenprojekte
- Satellitenprojekte umfassen eine große Bandbreite von Themen über Komponenten-, Subsystem- und Instrumentenentwicklung bis hin zu System-, Qualifikations- und Betriebsaspekten
- Die Ausbildung an realen Projekten ermöglicht eine nachhaltige Ausbildung, die immer auf dem neusten Stand der Technik ist
- Die Beteiligung an realen Raumfahrtprojekten während des Studiums ist eine extrem wertvolle Erfahrung für die Studierenden und von großem Nutzen für die Raumfahrtindustrie und Forschungsinstitutionen

Universitäre Missionen stärken zusätzlich die Forschung und die Entwicklung neuer Raumfahrttechnologien

- Erforschung, Entwicklung und In-Orbit-Erprobung von neuen Technologien für die Raumfahrt
 - eigene und Verbundentwicklungen sowie in-Orbit-Erprobung neuester Technologien der nationalen Industrie und Forschungseinrichtungen

→ Flugerprobte Technologien für Folgemissionen

Ausgründungen und Entwicklung von KMUs durch Kleinsatellitenprojekte an deutschen Hochschulen:

- Mitarbeit an universitären Kleinsatellitenmissionen ermutigt Studierende und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu Ausgründungen
- Neuste Forschungsergebnisse können so rasch in die Vermarktung überführt werden
- Stärkung und Diversifizierung der industriellen Basis in Deutschland durch NewSpace Aktivitäten der Spin-offs



Planetare und orbitale Exploration mit einer Spezialisierung auf Systems Engineering, Raumfahrzeugentwicklung, Missionsanalyse- und -optimierung, sowie Vorentwicklung von planetaren Sonden.

Fachbereich für Luft- und Raumfahrttechnik

Prof. Dr.-Ing. Markus Czupalla
Prof. Dr.-Ing. Bernd Dachwald

www.fh-aachen.de/fachbereiche/luft-und-raumfahrttechnik/

Tel. 0241 6009 -52362 / -52343

E-Mail: czupalla@fh-aachen.de
dachwald@fh-aachen.de

Im Fachbereich Luft- und Raumfahrttechnik sind zwei Professoren mit der Spezialisierung Raumfahrt tätig.

Die Forschungsschwerpunkte von Prof. Czupalla sind:

Systems Engineering, Analyse und Auslegung von Raumfahrzeugen und Raumfahrtnutzlasten (insbesondere Thermo-Opto-Elastik), innovative Raumfahrzeug-komponenten, bemannte Raumfahrt (insbesondere Lebenserhaltungssysteme).

Die Forschungsschwerpunkte von Prof. Dachwald sind:

Analyse, Design und Optimierung von Raumfahrtmissionen, intelligente Methoden zur Bahnoptimierung von Raumfahrzeugen, innovative Raumfahrttechnologien (insbesondere Sonnensegel und Einschmelzsonden), Erforschung des Sonnensystems (insbesondere Eismonde und Kleinkörper), sowie Astrobiologie.

Am Fachbereich wurden bereits zwei **Kleinstsatelliten** nach dem CubeSat-Standard gebaut und in den Orbit geschossen. Der zweite davon, COMPASS-2, war ein 3U-CubeSat, der mit einem Widerstandsegel zur Vermeidung von Weltraumschrott und innovativen flexiblen Solarzellen für die In-Orbit-Demonstration ausgestattet war.

Der Fachbereich betreibt eine eigene **Bodenstation** für den Betrieb und zur Unterstützung von CubeSat-Missionen im Amateurfunkbereich. In diesem Bereich bestehen viele internationale Kooperationen sowie eine Kooperation mit der ESA.

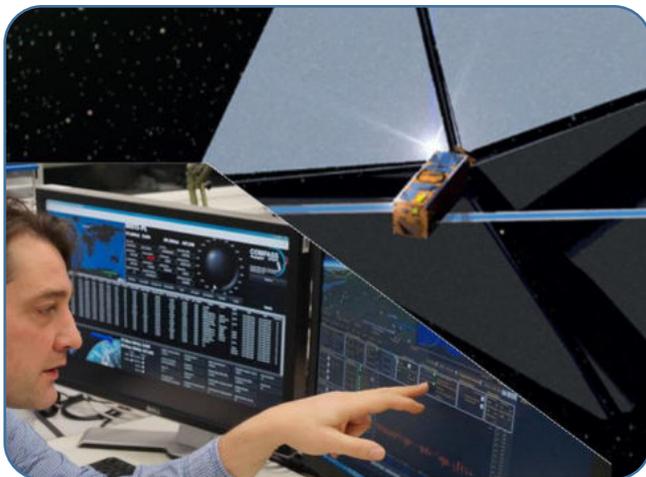


Abb. 1 Bodenstation & COMPASS-2

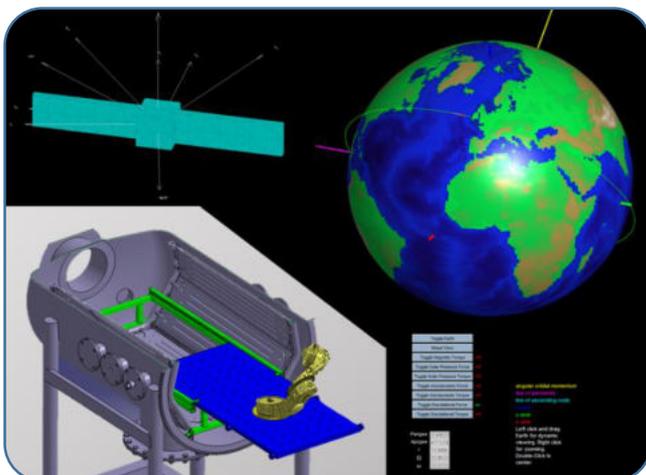


Abb. 2 Missionssimulator & Testanlagen

Im Bereich der **Raumfahrzeugentwicklung** wird die orbitale Simulationsumgebung KRONOS aufgebaut, welche die interdisziplinäre Analyse und Auslegung von Satellitensubsystemen (Antrieb, Lageregelung, Energieversorgung, Kommunikation) ermöglichen wird. Langfristig soll KRONOS auch Satellitenschwärme und -formationen abbilden können. Die Simulation wird an experimenteller Hardware terrestrisch validiert, bevor eine In-Orbit-Validierung erfolgen soll.

Für die Bereiche Struktur und Thermal werden klassische Entwicklungswerkzeuge der Industrie genutzt (NASTRAN & ESATAN). Entsprechende **Testanlagen** stehen in Form von Shakern und Thermalvakuumkammern (inkl. Sonnensimulator mit Kinematik-Modul) zur Verfügung.

- Forschung auf den Gebieten Miniaturisierung von Satelliten, Satellitenkommunikation, Formationsflug von Satelliten, Weltraumrobotik
- Lehre in Technik, Entwurf und Betrieb von Satellitenmissionen

Institut für Luft- und Raumfahrt
Fachgebiet Raumfahrttechnik

Prof. Dr.-Ing. Klaus Briß

www.rft.tu-berlin.de

Tel 030-314-21339

klaus.briess@tu-berlin.de



Im
Missions-
kontroll-
zentrum
der
TU Berlin

Forschung:

- 16 erfolgreich im Orbit betriebene Kleinsatelliten
- Neue Technologien für Kleinsatelliten auf Komponentenebene (Sensoren, Aktuatoren, Rechner)
- In-Orbit-Erprobung neuer Kleinsatellitensysteme in den Klassen 100 kg bis 100 g
- In-Orbit Verifikation eines Satellitenkommunikationsnetzwerkes im S-Band (weltweit erstmalig 2018)
- Formationsflug von Satelliten
- In-Orbit Monitoring und Analyse von Funkspektren
- Betrieb von Satelliten (mehr als 40 Jahre Betriebs- erfahrung), Autonomie im Betrieb
- Autonome Navigation und Raumfahrzeugführung für Satelliten und Rover
- Modulare Satelliten und Weltraumrobotik

Lehre:

- Beiträge zum Bachelor für Verkehrswesen
- Beiträge zum Master für Luft- und Raumfahrttechnik
- Pro Jahr: ca. 300 Studierende, ca. 40 Abschlussarbeiten
- Internationaler gebührenfinanzierter Studiengang: „Master of Space Engineering“, 40 Studierende aus aller Welt, ca. 20 Abschlüsse pro Jahr

- Beiträge zur Entwicklung von Studiengängen im Rahmen von Europäischen Projekten (EC, TEMPUS)

Besonderheit der Lehre an der TU Berlin:

- Entwurf, Integration und Betrieb von planetaren Rovern im Feldversuch durch Studierende
- Entwurf, Integration, Startvorbereitung und Betrieb von Raketen und Raketennutzlasten durch Studierende
- Mitarbeit der Studierenden an Entwurf, Integration, Startvorbereitung und Betrieb von Satelliten

Spin-Off Unternehmen aus dem Fachgebiet:

- Berlin Space Technology GmbH
- BeSpace GmbH
- ECM space technologies GmbH
- PiNaSys GmbH
- German Orbital Systems GmbH
- Spacegramming GmbH
- Augmented Robotics i.G.
- S.O.S. operations i.G.



Satelliten der TU Berlin

Der Fokus der Forschung am Institut für Raumfahrtsysteme (IRAS) liegt auf der Entwicklung von Methoden, Technologien und Ansätzen zur nachhaltigen Nutzung und zur Sicherheit von Infrastruktur im Weltraum.

Institut für Raumfahrtsysteme
IRAS

Prof. Dr.-Ing. Enrico Stoll

www.space-systems.eu

0531.391-9960

e.stoll@tu-braunschweig.de

Drei technische Arbeitsgruppen (AG) forschen auf den Gebieten Explorations- und Antriebssysteme, Space Debris und Satellitentechnik. Die AG Space Debris entwickelt das europäische Referenzmodell für die Modellierung der Weltraummüllumgebung. Die AG Explorations- und Antriebssysteme beschäftigt sich mit der Entwicklung von Technologien zur Nutzung von Ressourcen auf dem Mond sowie mit innovativen Antrieben. Eine **vierte AG** Kultur und Raumfahrt untersucht gesellschaftliche und historische Konzepte der Integration von Risiko und Sicherheit hinsichtlich der Ethik der Raumfahrt.

Die Forschung der AG Satellitentechnik konzentriert sich auf Performanz-steigernden Technologien für CubeSats mit dem Ziel der aktiven Entfernung von Weltraummüll. Teilaspekte sind hier z.B. Beschichtungstechnologien für Faserverbundwerkstoffe (CFK, Abb. 1), neue Methoden für die Missionszuverlässigkeit und Forschung zur Integration von Energiespeicherfunktionen in tragende CFK-Strukturen. Letztere sollen auch im Rahmen des InnoCube-Projektes in einer Satellitenmission getestet werden. Des Weiteren werden biologisch-inspirierte Dockingmechanismen („Gecko-Materialien“) entwickelt, welche ein materialunabhängiges und wiederholbares Andocken an nicht-kooperative Space-Debris-Zielobjekte ermöglichen.

Die Entwicklung und experimentelle Validierung neuer Bahnführungs-, Navigations- und Regelungstechnologien (Guidance, Navigation and Control, GNC) für die aktive Müllentsorgung im Orbit ist ein Schwerpunkt. Hierfür existiert das “Experimental Lab for proximity operations and Space Situational Awareness” (ELISSA, Abb. 2). Dieses Labor besteht aus einem Luftlagertisch, Satelliten-Modellen und Sensorik. Ein aktives Düsen-System ermöglicht über eine Druckluftversorgung die Erzeugung von Luftkissen unter den Satellitenmodellen und somit eine Bewegung mit mindestens drei Freiheitsgraden. Damit können unter anderem Langzeittests zur Annäherung sowie zur Untersuchung der Kontaktdynamik durchgeführt und die mathematischen Modelle in einer repräsentativen Umgebung validiert werden.

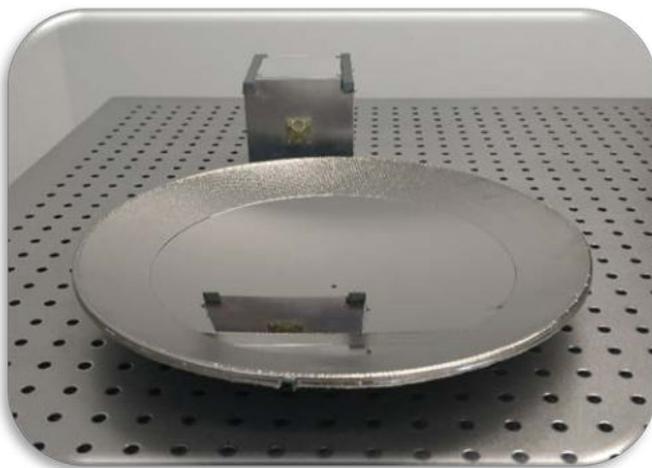


Abb. 1: Spiegel aus NiP-beschichteter Kohlefaser für optische Nutzlasten (Schichtdicke: $\sim 200 \mu\text{m}$)

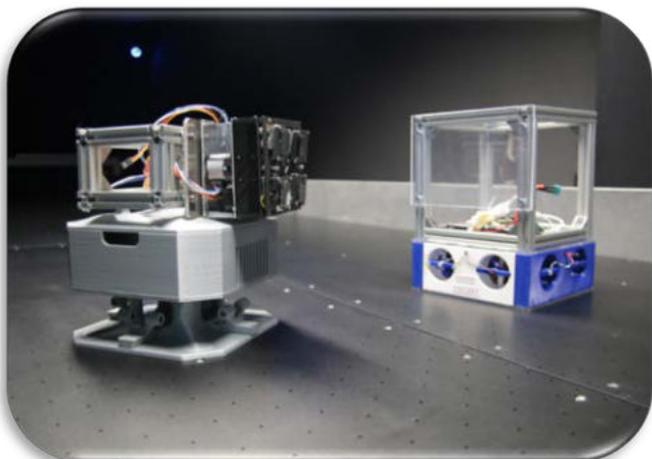


Abb. 2: ELISSA Testumgebung (4m x 7m Luftlagertisch) mit Gecko-Andockmechanismus

Die Professur für Raumfahrtsysteme konzentriert sich auf ingenieurwissenschaftliche Grundlagenforschung zu neuartigen Antriebskonzepten und auf die Entwicklung von Satellitensystemen und wissenschaftlichen Nutzlasten. Der Aspekt des Technologietransfers in erdgebundene Anwendungen ist dabei von großer Bedeutung.

Institut für Luft- und Raumfahrttechnik

Leitung Prof. Dr. Martin Tajmar

www.tu-dresden.de/ilr

Tel. 0351 463 38125

raumfahrtsysteme@tu-dresden.de

Forschungsfeld Elektrische Antriebe und Zukunftskonzepte (Prof. Dr. Martin Tajmar):

Wir entwickeln hochinnovative Antriebssysteme und versuchen die Grenzen des Machbaren mit neuen Konzepten auszuloten („Breakthrough Propulsion Physics“). Unsere Forschungsthemen umfassen u.a.:

- Miniaturisierung eines Flüssigmetall-Feldemissionstriebwerks (FEEP) als Antriebssystem auf Kleinstsatelliten.
- Effiziente Gas-Ionenquelle mit Kohlenstoff-Nanoröhren als Feldionisator für Mikroantriebe und Massenspektrometer
- Miniaturisierte Hall-Thruster u. Hohlraumkathode
- SpaceDrive: Tests und Grundlagenforschung zur Umsetzung von EMDrive- und Mach-Effekt-Triebwerken

Forschungsfeld Satellitensysteme und Weltraumexperimente (Dr. Tino Schmiel)

Wir entwickeln hochintegrierte Kleinsatelliten mit strengem Fokus auf wissenschaftliche Nutzlasten und Technologiedemonstrationen.

Unsere Forschungsthemen umfassen u.a.:

- Entwicklung eines hochintegrierten Nano-satelliten und Implementierung aller Funktionen in die Seitenwände (SOMP2x)
- Neuartige Konzepte zur Thermalkontrolle (Motar)
- Flexible thermoelektrische Generatoren zur Erzeugung elektr. Energie in der Schattenphase (GroTEGx)
- Neuartige Nanofolien zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung (NanoComb)
- Mobile Leistungsdiagnostik für Weltraum-touristen (MetabolicSpace)
- Miniaturisierte Gassensoren für die Vermessung der Thermosphäre (FIPEXnano)

Forschungsfeld Raumtransportsysteme (Dr. Christian Bach):

Wir entwickeln innovative Trägersystemtechnologien mit hocheffizienten Antriebssystemen, die einen preiswerten Zugang zum Weltraum ermöglichen.

- SMART Rockets
- Entwicklung fortschrittlicher Expansionsdüsen
- Additiv gefertigte Triebwerkskomponenten
- Erforschung wiederverwendbarer Trägersystemtechnologien



Studiengang: Elektrotechnik / Informationstechnik

Forschung auf den Gebieten Satellitenkommunikation und Sensorik

Institut für Elektrotechnik /
Informationstechnik

Leitung Prof. Dr. Achim
Gottscheber

www.srh.de

Tel 06221 88 2387

achim.gottscheber@srh.de



Bodenstation: HeidelSat

Forschung: Sensor zur Messung kosmischer Strahlung. CubeSat Entwicklung zur Erprobung eines Messgeräts für die Messung galaktischer, kosmischer Strahlung. Die Messdaten können zur Auswertung für den Einfluß kosmischer Strahlen auf das Klima der Erde herangezogen werden, mit Einbindung metrologischer Daten wie Wolkenbildung.

PicoProt: Test und Validierung eines nachrichtentechnischen Protokolls zur Leistungsoptimierung für Picosatelliten.

Lehre: Übertragungsverfahren, Elektronikentwicklung, Sensorik/Aktorik, Embedded Systems, Embedded Security, Nachrichtentechnik, Informations- und Kodierungstheorie, Robotik, Bildverarbeitung, Digitale Signalverarbeitung, Echtzeitprogrammierung



Cosmic-Ray-Detector

Am Lehrstuhl für Raumfahrttechnik (LRT) der TUM wird im Forschungsbereich Kleinsatelliten aktiv an neuen Technologien für Klein- und Kleinstsatelliten geforscht. Der zweite CubeSat des Lehrstuhls, MOVE-II, wird derzeit aktiv im Orbit betrieben. Der Start des dritten CubeSats ist für Juli 2019 geplant.

Lehrstuhl für Raumfahrttechnik

Prof. Prof. h. c. Dr. Dr. h.c. U. Walter

www.lrt.mw.tum.de

089/289 16003

walter@tum.de

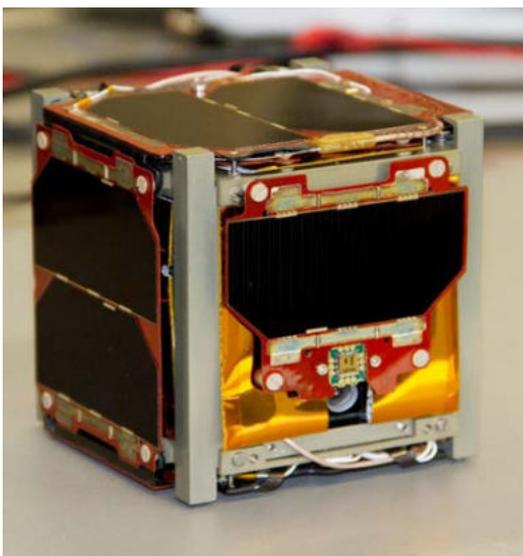


Abb. 1: First-MOVE

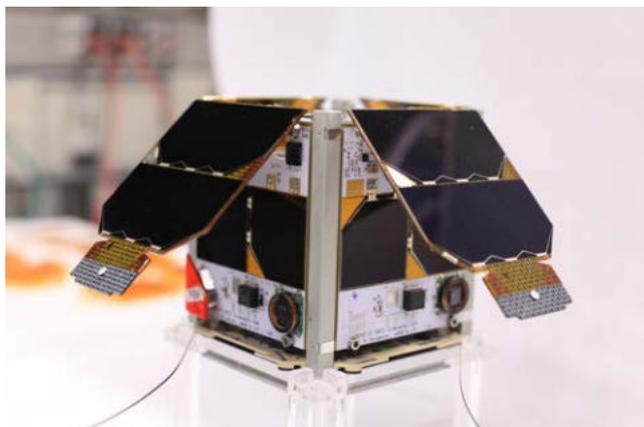


Abb. 2: MOVE-II

Bisherige Satellitenentwicklung am LRT:

First-MOVE (Abb. 1) wurde 2013 als erster CubeSat am LRT gestartet und erfolgreich für einen Monat im All betrieben. Sein Nachfolger MOVE-II (Abb. 2) wurde als technologische Weiterentwicklung des Systems entwickelt und Ende 2018 ins All gestartet und wird seitdem im All betrieben. Auf MOVE-II wurden unter anderem einen neuartigen, auf Formgedächtnislegierungen basierender Ausklappmechanismus, zwei Software-Defined Transceiver sowie ein auf Magnetspulen basierte Lageregelungssystem im All verifiziert. MOVE-IIb, der Schwestersatellit von MOVE-II und dritte CubeSat des LRT wird im Juli 2019 gestartet werden. 6 Nachfolgesatelliten, auch in größerem Format, sind derzeit in Planung.

Ausbildung von Studenten und StartUps des LRT:

Im Rahmen von MOVE wurden bereits mehr als 400 Studierende in der Entwicklung, der Qualifikation sowie dem Betrieb von Satelliten ausgebildet. Die Ausbildung erfolgt hierbei in enger Kooperation mit der Wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik und Raumfahrt (WARR). In diesem Rahmen werden auch weitere Projekte wie die Entwicklung von Raketen, Studien zum Thema Weltraumaufzug sowie Exploration durchgeführt. Der Hyperloop der TUM entstammt ebenfalls dieser Kooperation. Der Erfolg dieses Ansatzes spiegelt sich auch in der Gründung zweier StartUps ehemaligen Studenten des Lehrstuhls wieder (orora.tech sowie IsarAerospace).

Entwicklung von Kleinsatellitentechnologie:

Der künftige, vermehrt wissenschaftliche und kommerzielle Einsatz von Nanosatelliten setzt eine erhöhte Lebensdauer und Robustheit von Kleinsatelliten voraus. Auch werden an künftige Kleinstsatellitenmissionen sehr viel höhere Anforderungen bezüglich Leistungsfähigkeit und verfügbarer Kommunikations-Datenraten gestellt werden. Diese Randbedingungen sind die Grundlage aller derzeit stattfindender technologischer Entwicklungsarbeit am LRT, insbesondere der einheitlichen Satelliteninfrastruktur für kommende Missionen. Beispiele hierfür sind hocheffiziente, fehlertolerante Kommunikationsprotokolle für CubeSats, optimierte Strukturen unter Verwendung von 3D-Druck, sowie neuartige Ausklappmechanismen, aber auch verbesserte Tests von Komponenten und Gesamtsystemen in Hardware- und Software-in-the-Loop Umgebungen.

Am Lehrstuhl Satellitentechnik der Universität Stuttgart werden Kleinsatellitensysteme mit innovativen, neuen Technologien entwickelt, gebaut, qualifiziert und betrieben sowie die dafür notwendige Infrastruktur eingerichtet

Institut für Raumfahrtsysteme

Prof. Sabine Klinkner

www.kleinsatelliten.de

Tel +49 711 68562677

klinkner@irs.uni-stuttgart.de



Abb. 1: Flying Laptop Satellit



Abb. 2: Satellitenkontrollraum

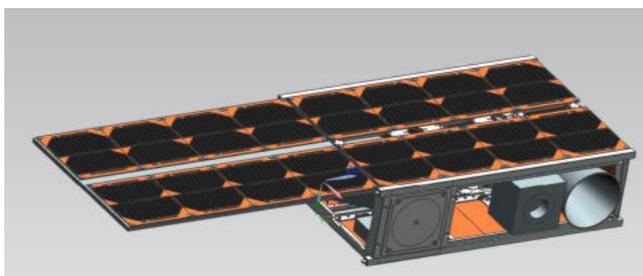


Abb. 3: EIVE- Demonstrationsmission für E-band Kommunikation

Institut für Raumfahrtsysteme, Abteilung

Satellitentechnik: Das Institut für Raumfahrtsysteme der Universität Stuttgart ist der Fakultät 6: Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie der Universität Stuttgart zugeordnet und ist eines der größten universitären Raumfahrt-Forschungsinstitute Europas. Die Abteilung Satellitentechnik wurde im Januar 2015 neu eingerichtet und wird seit dem von Frau Prof. Klinkner geleitet. Der Fokus im Bereich der Satellitentechnik in Stuttgart liegt auf:

- Satellitensystementwicklung mit industrienahen Ansätzen und basierend auf Raumfahrtstandards
- Entwicklung von agiler On-Board Software
- Entwicklung von Kommunikationssystemen mit hohen Datenraten
- Auslegung und Aufbau von komplexen Thermalsystemen und neuartigen Strukturen und Mechanismen
- Satellitenbetrieb
 - Automatisierungsaspekte und Multimissionsbetrieb
 - Sicherheit und Bodenstationsnetzwerk
- Satellitensimulationsumgebung zur Verifikation der Satellitensoftware

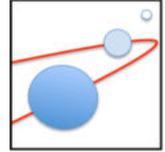
Flying Laptop: Der Flying Laptop ist mit 110 kg der größte Kleinsatellit, der von einer deutschen Universität gestartet wurde. Der ein-fehlertolerante Satellitenbus wurde in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung am IRS entwickelt, gebaut und qualifiziert. Seit dem Start im Juli 2017 wird der Satellit vom Kontrollzentrum in Stuttgart betrieben. Neben Instrumenten für Erdbeobachtung (z.B. Vegetationsbeobachtung) werden eine Vielzahl von neuen Technologien (z.B. Laser Downlink) auf der Mission erprobt.

Folgemissionen: Derzeit wird in Stuttgart im Rahmen einer DLR Förderung der 6U CubeSat EIVE entwickelt, der erstmalig die satellitengestützte Kommunikation im E-Band (72-76GHz) erproben wird. Das Projekt wird in Kooperation mit dem ILH der Universität Stuttgart, Fraunhofer IAF, RPG und Tesat durchgeführt. Das IRS entwickelt, baut und betreibt in diesem Projekt die Satellitenplattform.

Weiterhin betreut das IRS die Entwicklung des studentischen 3U CubeSat SOURCE dessen Missionsziele Atmosphärenmessungen, Erdbeobachtung und Technologiedemonstration sind.

Universität Würzburg

Professur für Raumfahrttechnik



- Raumfahrtsysteme für die Extraterrestrik
- Höhere Autonomie
- Suche nach außerirdischen Intelligenzen und Erforschung von unbekanntem Himmelsphänomenen

Professur für Raumfahrttechnik

Prof. Dr. –Ing. Hakan Kayal

<http://www8.informatik.uni-wuerzburg.de>

0931-31-86649

hakan.kayal@uni-wuerzburg.de

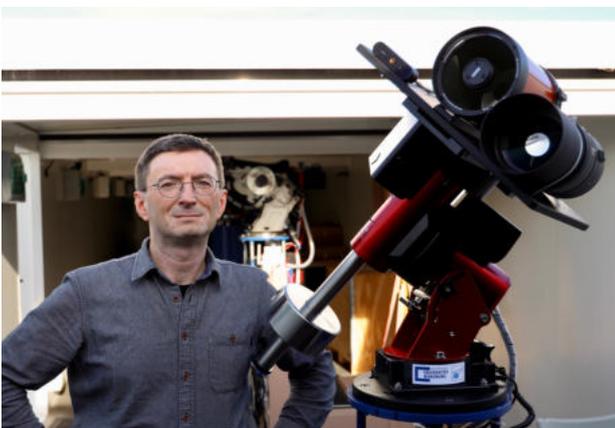
Forschungsschwerpunkte: An der Professur für Raumfahrttechnik, Lehrstuhl Informatik 8, wird schwerpunktmäßig an der Entwicklung, dem Bau und an dem Betrieb von hoch autonomen Raumfahrtsystemen geforscht. Anwendungsgebiete zielen meist auf interplanetare Missionen ab. Daneben wird an der Entwicklung von Systemen für die Besiedlung von Mond und Planeten gearbeitet. Ein weiteres Gebiet ist die Suche nach außerirdischen Intelligenzen (SETI) sowie die Erforschung von unbekanntem Himmelsphänomenen.



SONATE, geplanter Start: 5.7.2019

Nanosatelliten: SONATE ist ein Nanosatellit mit ca. 30 cm Länge und 4kg Masse. Mit SONATE sollen zwei hoch autonome Systeme als Hauptnutzlast im Orbit getestet werden. Dabei geht es um den Test eines autonomen Sensorsystems für kurzzeitige Leuchtphänomene in der Erdatmosphäre (z.B. Meteore oder Sprites) bzw. im Erdnahen Weltraum und ein an Bord Diagnosesystem für Satelliten. An der Professur neu entwickelte, miniaturisierte Satellitenbuskomponenten wie Sternsensoren oder Reaktionsräder sollen mit SONATE getestet werden.

SONATE kann als Wegbereiter für zukünftige, interplanetare Nanosatelliten angesehen werden, die vermehrt von künstlicher Intelligenz Gebrauch machen.



Mondteleskop für Mondblitze

Extraterrestrik: Die Erforschung des Weltraums außerhalb der Erde, die Suche nach Leben und intelligentem Leben sowie die Entwicklung von Raumfahrtsystemen für die Besiedlung von Mond und Planeten sind Gegenstand der Extraterrestrik. Das Thema wird u.a. im In „Interdisziplinäres Forschungszentrum für Extraterrestrik“ (IFEX) an der Universität Würzburg vorangetrieben.

Das Beispiel links zeigt das in 2019 errichtete Teleskop zur Detektion kurzzeitiger Leuchtphänomene auf dem Mond (TLP's). Neben der Detektion und Beobachtung dient das Teleskop zur Vorbereitung einer Satellitenmission zum Mond.

Der Lehrstuhl "Informationstechnologie für Luft- und Raumfahrt" beschäftigt sich im Bereich Kleinsatelliten mit Zukunftstechnologien, Verlässlichkeit und generischer Onboard-Software.

Informationstechnologie für Luft- und Raumfahrt

Leitung: Prof. Sergio Montenegro

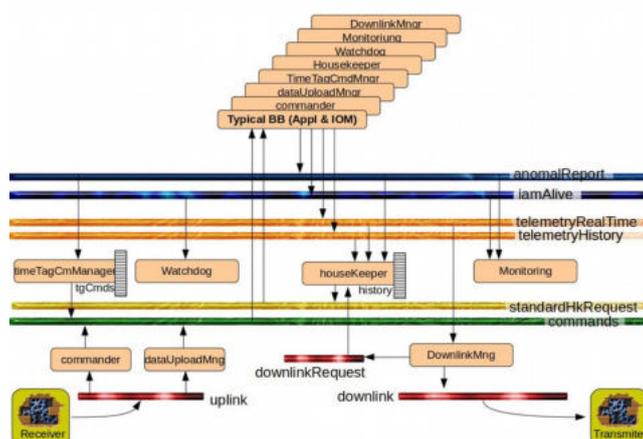
www8.informatik.uni-wuerzburg.de

Tel: 0931 / 31-83715

Email:
sergio.montenegro@uni-wuerzburg.de



Docking-Labor



SW Building Blocks für Satelliten

1. Im Bereich **Zukunftstechnologien** erarbeiten wir

1.1. den drahtlosen Satelliten (SKITH Innospace-Gewinner). Wir wollen die Verkabelung für Daten durch schnelle und sichere drahtlose Kommunikation ersetzen.

1.2. autonomes Autoassembly von großen Strukturen im Orbit. Strukturen, die nicht auf einen Launcher passen, können in verschiedenen Launchern in getrennten Elementen hochgebracht werden, und die einzelnen Elemente sollen sich zusammenfinden und verbinden. Wir erproben dies mit luftgelagerten Fahrzeugen.

1.3 Neurocontroller: Wir nutzen Prinzipien der künstliche Intelligenz / maschinelles Lernen und die Lage von Satelliten zu steuern. Der Satellit erprobt zufällige Bewegungen und lernt dabei, wie er seine Lage steuern kann.

2. Im Bereich **Verlässlichkeit entwickeln wir Avionik-Systeme und -Software**, die sogar 2 Computerabstürze pro Sekunde ohne sichtbare Degradation der Steuerung tolerieren können. Wir entwickeln generische Software-Komponenten für solche Aufgaben. Wir würden gern solche Robustheit im Weltraum demonstrieren.

3. Im Bereich **generische Onboard-Software** haben wir als erste eine Building Blocks Execution Plattform (RODOS) entwickelt und im Orbit demonstriert. RODOS ist bereits in mehreren Satelliten im Orbit. Wir haben eine generische Software-Architektur entwickelt, die sehr leicht an verschiedene Missionen angepasst werden kann, um die Software-Entwicklung von Satelliten drastisch zu reduzieren. Wir würden gern daran arbeiten, RODOS und diese Architektur (Made in Germany) weltweit zu verbreiten.



Der Lehrstuhl „Robotik und Telematik“ hat Schwerpunkte beim Einsatz fortgeschrittener Software-, Sensorik- und Kontrollansätze im „New Space“-Sektor beim Bau und Betrieb von Kleinst-Satelliten und Multi-Satellitensystemen, sowie beim Einsatz von Robotern in der Massenproduktion von Satelliten.

Lehrstuhl für Robotik / Telematik

Prof. Dr. Schilling, Prof. Dr. Nüchter

www7.informatik.uni-wuerzburg.de

Tel. 0931-31 86678

space@informatik.uni-wuerzburg.de

Pionier bei Kleinst-Satelliten und bei Satelliten-

Formationen : 2005 sandte unser Team den ersten deutschen Pico-Satelliten UWE-1 in den Orbit, um Internet-Protokoll-Parameter unter Weltraum-Bedingungen zu optimieren. Daraus entstand das UWE-Programm, das schrittweise die nötigen Technologien für den Formationsflug von Kleinst-Satelliten entwickelt und im Orbit getestet hat. Aktuell stehen Multi-Satellitensysteme und deren innovativen Anwendungspotenziale im Bereich der Erdbeobachtung (Photogrammetrie von Wolken) und der Telekommunikation (Internet der Dinge) im Zentrum der Forschung.

Raumfahrt-Studienprogramme:

In Würzburg wird international in englischer Sprache im MSc-Bereich angeboten:

SpaceMaster wurde im Elite-Studienprogramm ERASMUS Mundus von der EU gefördert und 2005-2019 zusammen mit 5 Europäischen Partnerhochschulen durchgeführt.

Satellite Technology wird seit 2018 im Elite-Netzwerk Bayern gefördert und gemeinsam mit bayerischen Forschungsinstituten durchgeführt.

Im MSc-Informatik Programm kann der Schwerpunkt Raumfahrttechnik gewählt werden. Das Bachelor-Programm Luft- und Raumfahrt-Informatik wird in Deutsch angeboten.

Einsatz von Informatik und Robotik in der Raumfahrt:

Forschungsinhalte betreffen:

zuverlässiger Betrieb kommerzieller Elektronik-Bauteile unter Weltraumbedingungen durch FDIR-Ansätze; 3D-Umgebungscharakterisierung zur Beseitigung von Weltraumschrott; mobile Roboter zur Inspektion und Planetenexploration; Industrie 4.0 zur Fertigung großer Stückzahlen von Satelliten

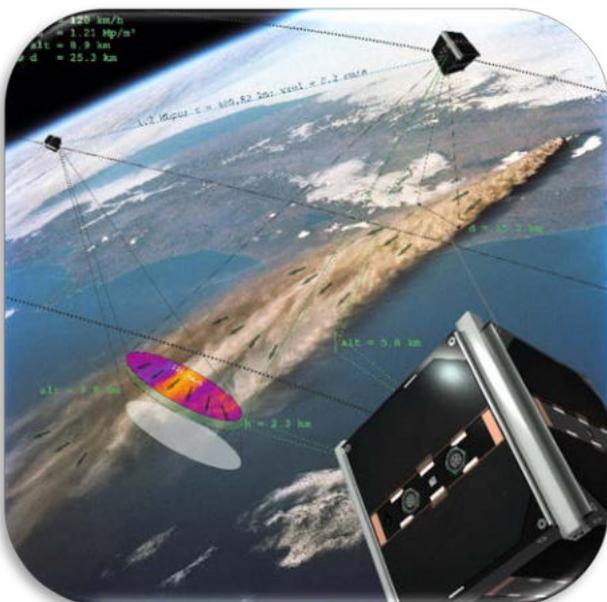
Ausgründungen von Firmen und Forschungsinstituten:

2007 wurde das unabhängige Forschungsinstitut **Zentrum für Telematik** gegründet, das Entwicklungs-Schwerpunkte bei Satelliten-Konstellationen und -Formationen setzt.

Seit 2017 bietet **S⁴ – Smart Small Satellite Systems GmbH** in dem rasch wachsenden Kleinst-Satellitenmarkt Spezialentwicklungen, leistungsfähige Komponenten und Komplettsatelliten an.



Uwe-3 arbeitet seit 2013 ununterbrochen im Orbit



Im internationalen Projekt TIM kooperieren 10 Satelliten in innovativen Erdbeobachtung

