

ESPACE – Satelliten im Dienst der Erdwissenschaften

Ein neuer Studiengang an der Technischen Universität München

Christian Gerlach



Zusammenfassung

Seit jeher, zwischen Ingenieurdisziplin und Erdwissenschaft angesiedelt, fällt der Geodäsie eine besondere Rolle bei fachübergreifenden Aufgabenstellungen zu. Dies gilt insbesondere auch für erdorientierte Satellitentechnologien. Hier sind in den Bereichen der Konzeption neuer Missionen sowie deren Durchführung und Auswertung verschiedenste Disziplinen tätig. Leider ist die Ausbildung in den einzelnen Gebieten zu speziell, um den Universitätsabsolventen ein fachübergreifendes Verständnis zu vermitteln. Die beteiligten Erdwissenschaftler und Ingenieure leben gleichsam in getrennten Welten. Gleichzeitig ist in der Zukunft eine verstärkte Nutzung der Satellitentechnologie zu erwarten. Und damit ist ein Bedarf an Fachkräften verbunden, die in der Lage sind, aus fachübergreifender Sicht an der Konzeption neuer Missionen und deren Nutzung zu arbeiten.

Um die Trennung von Ingenieur- und Erdwissenschaften zu überwinden, hat sich die Technische Universität München (TUM) entschlossen, einen zweijährigen Masterstudiengang einzurichten, der sich speziell mit den verschiedenen Aspekten erdorientierter Satellitentechnik beschäftigt. Dies geschieht gerade auch im Hinblick auf die einzigartige Situation im Münchner Raum. Hier gewährleisten Hochschulen, Forschungseinrichtungen und die ansässige Industrie eine hohe Konzentration von Expertise im Satellitenbereich – ein ideales Umfeld für Studium und Beruf.

Der neue Studiengang trägt den Namen ESPACE (Earth Oriented Space Science and Technology) und startete erstmals zum Wintersemester 2005/06. ESPACE ist ein englischsprachiger Studiengang und richtet sich an in- und ausländische Bachelorabsolventen aus natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Fächern. Potentielle Arbeitgeber sind Forschungsinstitute, Raumfahrtagenturen und Industriebetriebe, die sich mit dem Entwurf, der Entwicklung und der Nutzung

erdorientierter Satellitenmissionen beschäftigen. Koordiniert wird der Studiengang an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der TUM unter Leitung von Prof. Dr. *Reiner Rummel* vom Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie.

Hintergrund: aktuelle und zukünftige Anwendungen der Satellitentechnologie

Satelliten- und Weltraumtechnik haben in den letzten beiden Jahrzehnten für die Anwendung in Erd- und Ingenieurwissenschaften großartige neue Möglichkeiten eröffnet. Die globale Beobachtung der Erde, die mit ausreichender Abdeckung und Wiederholrate nur mit Satelliten durchgeführt werden kann, ist ein unverzichtbares Instrument zur Erforschung globaler Prozesse im Erdsystem. Dies ist Grundlage für ein Verständnis des Zusammenwirkens von Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre und fester Erde sowie des Einflusses des menschlichen Handelns auf dieses komplexe System.

Beispielhaft für entsprechende Satellitenmissionen sei hier der europäische Fernerkundungssatellit ENVISAT genannt. Seit rund 4 Jahren liefert er Daten über Erdoberfläche, Atmosphäre, Ozeane und die polaren Eiskappen. Im Bereich der Erdsystemforschung sind auch die geodätisch-geophysikalischen Satelliten CHAMP, GRACE und GOCE anzusiedeln – Missionen, die zum Ziel haben, die Kenntnis des globalen Schwerefeldes zu verbessern. Hierbei stößt man in Genauigkeitsbereiche vor, die es möglich machen, Variationen des Schwerefeld-

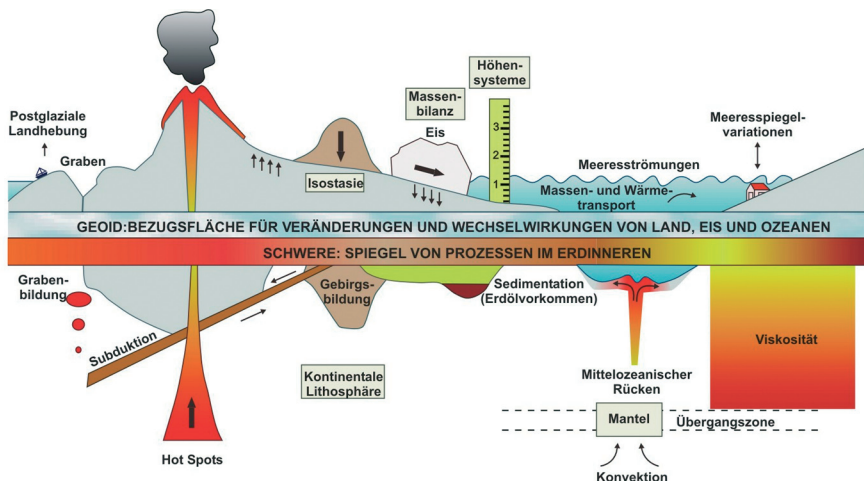


Bild 1: Prozesse im Erdsystem

des aufgrund einer zeitlich veränderlichen Massenverteilung im System Erde zu erfassen. Damit kann ein wesentlicher Beitrag zur Bilanzierung globaler Massentransporte, insbesondere des Wasserkreislaufs geleistet werden. Einige der hierbei relevanten Prozesse sind in *Bild 1* dargestellt.

Nicht unerwähnt dürfen im Zusammenhang mit Satellitentechniken natürlich die Satellitennavigationssysteme (GNSS) bleiben: Das amerikanische NAVSTAR-GPS, das russische Pendant GLONASS und das zukünftige europäische System Galileo ermöglichen die globale hochgenaue Positionierung (Geolokalisierung) auf der Erde und im erdnahen Raum. Sie gestatten damit auch die Navigation von Satelliten sowie von Land-, See- und Luftfahrzeugen. Daraus ergibt sich eine Fülle von Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften. Aber auch die Erdwissenschaften profitieren, z. B. durch die Messung von Bewegungsraten verschiedener tektonischer Platten (*Bild 2*).

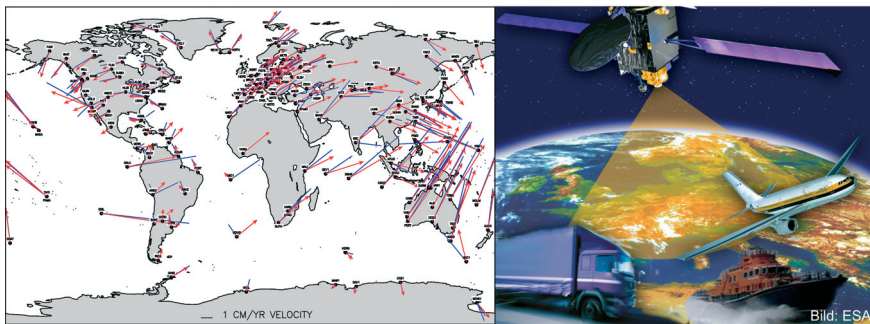


Bild 2: Nutzung von GNSS für Erdwissenschaften und Navigation. Links: Geschwindigkeiten von GPS Beobachtungsstationen im Vergleich zu einem geophysikalischen Modell der Plattengeschwindigkeit

Die nächsten Jahre lassen den Aufbau globaler, satellitengestützter Überwachungssysteme für Umwelt und Sicherheit erwarten, wie z. B. das von der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA und der Europäischen Kommission initiierte Großprojekt GMES (Global Monitoring for Environment and Security) .

Die Gestaltung und Realisierung entsprechender Satellitenmissionen und deren Auswertung erfordert ein breites Spektrum an Kenntnissen in verschiedensten Disziplinen. Das Spektrum reicht von den erdwissenschaftlichen Anwendungsfeldern über Bau- und Betrieb eines Satelliten bis hin zur Kommunikation zwischen Satellit und Bodenstation und dem Management und der Verarbeitung der anfallenden Daten. Hier finden sich Vertreter der Nutzergemeinschaften

– z. B. Geophysiker, Meteorologen, Ozeanographen oder Geodäten – ebenso wie Luft- und Raumfahrtingenieure, Experten in Bahn- und Lageregelung, Kommunikationsingenieure, Elektrotechniker, Informatiker oder Physiker.

Klassischerweise erfolgt die Ausbildung in den relevanten Bereichen in jeweils getrennten Studiengängen, wobei eine Verknüpfung der Teilaspekte kaum realisiert wird. Dies zeigt sich natürlich auch in der Praxis: Erdwissenschaftler haben in der Regel nur eine vage Vorstellung von Satellitentechnik und Bahnmechanik und von den damit verknüpften Fragen wie »in welchem zeitlichen Abstand wird der Satellit meine Zielregion überfliegen?«, »welche Datenmenge kann der Satellit überhaupt sammeln und zur Erde senden?« oder »welche Vorverarbeitungsschritte werden an den Daten vorgenommen und was bedeutet das für meine Auswertungen?«. Eine oft ebenso vage Vorstellung haben aber auch viele Raumfahrtingenieure von den Arbeiten der Erdwissenschaftler. Die Ausbildung der Wissenschaftler und Ingenieure ist zu spezialisiert, um einen Gesamtüberblick vermitteln zu können.

Vor diesem Hintergrund haben sich mehrere Institute im Münchner Raum entschlossen, den gemeinsamen interdisziplinären und internationalen Studien-

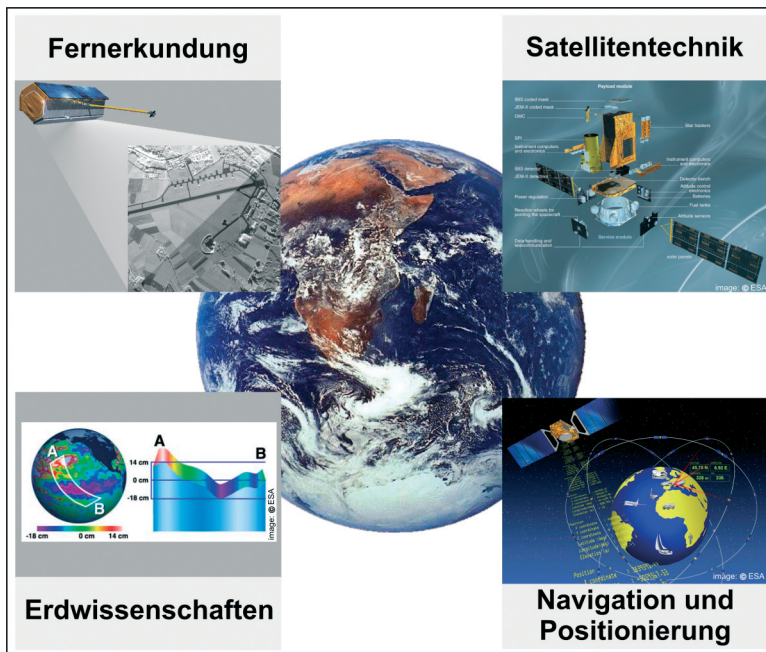


Bild 3: Komponenten des Masterstudiengangs SPACE

gang ESPACE zu schaffen. Er soll helfen, die Brücke zwischen den wissenschaftlichen Zielvorgaben, der technologischen Konzeption und der Auswertung erdorientierter Satellitenmissionen zu schließen. Die Schwerpunkte liegen einerseits auf Satellitentechnik, andererseits auf den Anwendungsfeldern Erdsystemwissenschaften, Satellitenfernerkundung sowie Navigation und Positionierung (*Bild 3*).

Der »Weltraumstandort« München

Ausschlaggebend für den Entschluss, den Studiengang ESPACE gerade in München einzurichten, ist die einmalige Konzentration von Expertise in den Bereichen Satelliten- und Instrumentenentwicklung, Modellierung, Fernerkundung, Satellitengeodäsie, Navigation und Erdwissenschaften. Hierzu tragen zum einen die drei Münchner Universitäten bei – neben der TUM sind das die Ludwig-Maximilian-Universität (LMU) und die Universität der Bundeswehr (UniBw) –, die alle drei an ESPACE beteiligt sind. Zum anderen außeruniversitäre Forschungseinrichtungen wie das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), das Deutsche Geodätische Forschungsinstitut (DGFI) oder die Oberpfaffenhofener Außenstelle des GeoForschungszentrums Potsdam (GFZ) sowie die ansässigen Industriebetriebe, die im Bereich der Satellitentechnik tätig sind. All diese Einrichtungen bilden zusammen ein ideales Umfeld für Studium und Beruf. Dabei sind die späteren potenziellen Arbeitgeber nicht nur in der Industrie zu suchen. Gerade auch Forschungseinrichtungen und nationale oder internationale Weltraumbehörden wie ESA, NASA oder DLR dürften für die Studenten attraktive Arbeitgeber sein. Aktuell verspricht die Entscheidung, das Kontrollzentrum des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo am DLR in Oberpfaffenhofen anzusiedeln, weitere Impulse für den Weltraumstandort München.

»Geo-Themen« haben Zukunft

Die Chancen auf einen Arbeitsplatz im Bereich der erdorientierten Weltraumwissenschaften sind bei entsprechender Qualifikation als besonders gut zu bewerten. Das Gebiet der Geotechnologien – also der erdorientierten Technologien – wird vom US-amerikanischen Department of Labor neben Bio- und Nanotechnologien als eine der drei zukunftsträchtigsten Sparten angesehen (Richardson, 2004). Dass dies auch in Europa gilt, zeigt beispielsweise GMES, die gemeinsame Initiative von Europäischer Kommission und ESA, die zum Ziel hat, einen permanenten Zugriff auf umwelt- und sicherheitsrelevante Daten zu gewährleisten. Und auch auf nationaler Ebene zeigt sich das Interesse an erdorientierten Themen: das Bundesministerium für Bildung und

Forschung (BMBF) und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) leisten umfangreiche Forschungsförderung, beispielsweise im so genannten »Geotechnologienprogramm« oder auch in dem gerade neu eingerichteten DFG-Schwerpunktprogramm zum Thema »Massentransport und Massenverteilung im System Erde«.

Um mittel- und langfristig mit den Entwicklungen auf dem Gebiet der Geotechnologien Schritt zu halten und diesen Bereich federführend zu gestalten, wird entsprechend hochqualifiziertes Personal benötigt. Dabei hat Europa generell einen Aufholbedarf an Wissenschaftlern und Ingenieuren. In den USA sind unter 1000 Arbeitern statistisch gesehen 8,1 Wissenschaftler zu finden, in Japan gar 9,1. In den Staaten der Europäischen Union hingegen nur 5,7. Diese geringe Quote versucht die Europäische Kommission durch gezielte Forschungsförderung zu verbessern (Boillot, 2005). Zusätzlich sei daran erinnert, dass die naturwissenschaftlichen und technischen Studiengänge in den vergangenen Jahren einen Rückgang der Studentenzahlen verzeichnen mussten.

Der Bedarf an qualifiziertem Personal ist somit sicherlich vorhanden. Die TUM versucht mit dem neuen Studiengang ESPACE die Chancen zu nutzen, die sich in diesem forschungsorientierten Bereich ergeben.

ESPACE – Thematisches Netz in Lehre und Forschung

Vor dem Hintergrund des fachlichen Bedarfs und der sich in München bietenden Möglichkeiten soll mit ESPACE ein Schwerpunkt in Lehre und Forschung zum Thema »Nutzung moderner Satellitentechnologie und Auswertemethodik für Navigation, Fernerkundung und Erdwissenschaften« entstehen.

Der gerade eingerichtete Masterstudiengang ist dabei als zentraler Bestandteil eines breiter angelegten Ausbildungskonzepts anzusehen. Neben dem Masterprogramm soll ein Doktorandenkolleg eingerichtet werden, das besonders geeignete Studenten in einem dreijährigen Programm zur Promotion führt. Um sowohl die bereits bestehenden als auch die durch das Lehrangebot neu entstehenden Verbindungen zwischen den beteiligten Instituten zu festigen, sollen die beiden Komponenten »Masterstudium« und »Doktorandenkolleg« mit den jeweiligen Forschungsvorhaben verwoben werden. Dadurch entsteht ein thematisches Netzwerk mit einer durchlässigen Struktur vom Masterstudium über die Promotion hin zur Forschung (vgl. *Bild 4*).

Ausgangspunkt dafür ist die Nutzung und Intensivierung der zwischen verschiedenen Einrichtungen bereits bestehenden Kontakte. Ein wesentliches Ele-

ment ist hier die Verbindung zwischen TUM und DLR. In jüngster Zeit konnten an der TUM mit den Lehrstühlen für Methodik der Fernerkundung (Prof. *Richard Bamler*) und für Kommunikation und Navigation (Prof. *Christoph Günther*) zwei Lehrstühle in Kooperation mit dem DLR eingerichtet werden. Beide Lehrstuhlinhaber sind gleichzeitig Leiter der entsprechenden Institute am DLR. Das Engagement des DLR am Lehrbetrieb von ESPACE ist besonders herauszustreichen. Das DLR unterstützt den Studiengang ausdrücklich durch aktive Beteiligung seiner wissenschaftlichen Mitarbeiter und die Möglichkeit der Projektmitarbeit von Studenten am DLR, z. B. im Rahmen ihrer Masterarbeit. Dadurch wird sichergestellt, dass einerseits aktuelle Entwicklungen und Trends direkt in den Lehrbetrieb übernommen werden können und andererseits die Studenten Gelegenheit erhalten, an diesen Entwicklungen aktiv teilzunehmen.

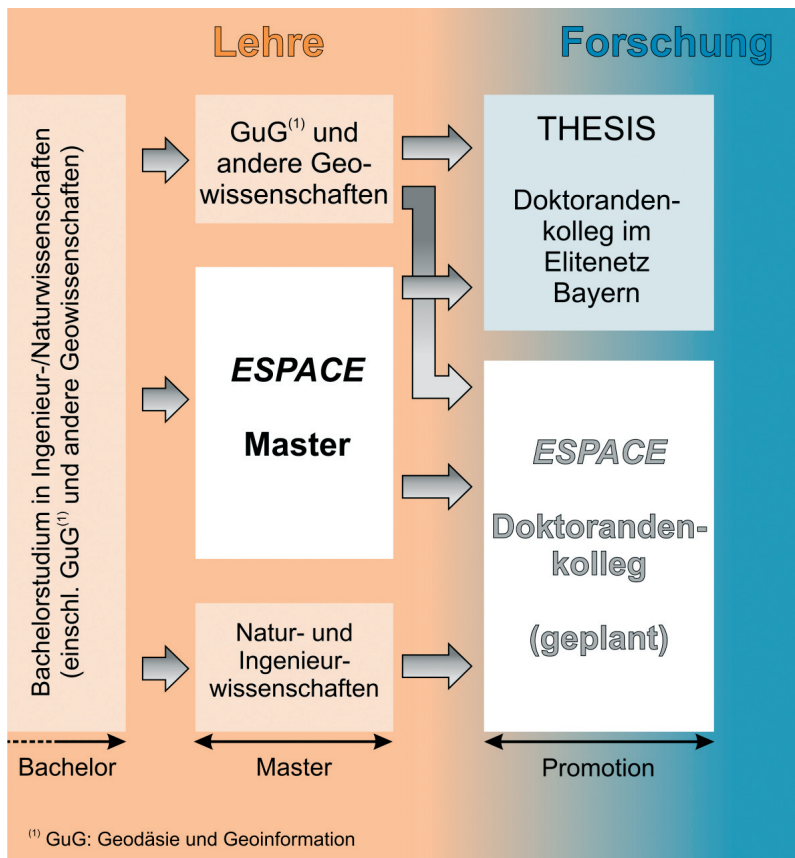


Bild 4: ESPACE als Bindeglied zwischen Lehre und Forschung

Als weiterer Ausgangspunkt für das thematische Netzwerk dient das bereits bestehende Doktorandenkolleg THESIS (complex processes in the earth: Theory, Experiment, Simulation). Es ist Teil des bayerischen Elitenetzwerks und wird unter Federführung des Departments für Geo- und Umweltwissenschaften der LMU zusammen mit der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen betrieben. Ziel ist die Verknüpfung geophysikalische Modelle mit geodätischen Messungen. Diese Bande werden momentan durch gemeinsame Forschungsanträge noch stärker geknüpft.

Beteiligte Einrichtungen

Um in dem interdisziplinären Studiengang ein ausgewogenes Programm zu gewährleisten und die vorhandene Expertise zu nutzen, wurden die bereits genannten universitären und außeruniversitären Einrichtungen in den Lehrbetrieb integriert. *Bild 5* zeigt einen groben Überblick über die jeweiligen Kompetenzbereiche. Das Spektrum reicht dabei, wie schon weiter oben erwähnt, von der Modellierung des Systems Erde und der Beobachtung der entsprechenden Prozesse mit unterschiedlichsten Sensoren über Satellitentechnologie, Bahnmechanik und Bahn- und Lageregelung bis hin zu präziser Positionierung und Navigation.



Bild 5: Kompetenzbereiche der beteiligten Einrichtungen

Beteiligt sind von TUM-Seite die Fakultäten für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Maschinenwesen sowie Elektro- und Informationstechnik. Hinzu kommen Institute der LMU, der UniBw, des DLR sowie das DGFI.

Zentrale Einrichtung für ESPACE ist die TUM. Hier ist der Masterstudiengang formal angesiedelt, die Studenten sind an der TUM immatrikuliert und erhalten nach erfolgreichem Studium von hier ihre Master of Science (M.Sc.) Urkunde. Koordiniert wird der Studiengang an der TUM, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen (BV) unter Leitung von Dekan Rummel. Unter seiner Führung hat die Fakultät ein neues zukunftsorientiertes Leitbild entwickelt. Motto dieses Leitbildes ist »Lebensraum schaffen«, was für Bauingenieure ebenso wie für Geodäten zutrifft und explizit den Bereich der erdorientierten Satellitentechniken umfasst. Im Rahmen einer universitätsinternen Umstrukturierung wird ESPACE nun als eines der zentralen Elemente der Fakultät BV umgesetzt.

Aufbau und Ausrichtung des Masterstudiengangs

Der Studiengang ist grundlagenorientiert angelegt und soll die Studenten zu konzeptionellem Arbeiten befähigen. Wesentlich ist dabei die Verknüpfung von erd- und ingenieurwissenschaftlicher Anwendung, Auswertemethodik sowie Entwurf und Nutzung des geeigneten Satellitenexperiments.

Der 4-semesterige Studiengang ist modular aufgebaut (*Bild 6*). In den ersten beiden Semestern werden den Studenten grundlegende Kenntnisse in Fernerkundung, Navigation und Erdsystemwissenschaften vermittelt. Hinzu kommen mathematische und physikalische Grundlagenfächer (Approximationsmethoden, Numerische Lösung von Differentialgleichungen, Signalverarbeitung, Elektrodynamik) sowie Vorlesungen in den Bereichen Bahnmechanik, Bahn- und Lageregelung, Satellitentechnologie, Informationstechnologie, Bildverarbeitung und Parameterschätzung. Im dritten Semester können sich die Studenten wahlweise in einem der drei Vertiefungsmodule Erdsystem, Fernerkundung oder Navigation und Positionierung spezialisieren. Das vierte und letzte Semester dient der Anfertigung der Masterarbeit.

Neben regulären Vorlesungen und begleitenden Übungen enthält der Studienplan auch 2 Projektwochen. Diese dienen der Stärkung des Zusammenhalts innerhalb der Gruppe, wie auch der intensiven Arbeit in kleinen Teams an vorgegebenen Projektaufgaben. Auf dem Plan steht hier beispielsweise der Konzeptentwurf einer zukünftigen Satellitenmission. Bei gegebenen Zielforderungen müssen die Studenten in konkurrierenden Gruppen ihre eigene Planung unter

Berücksichtigung der Missionsziele und der technischen Realisierbarkeiten erstellen und diese am Ende der Woche präsentieren.

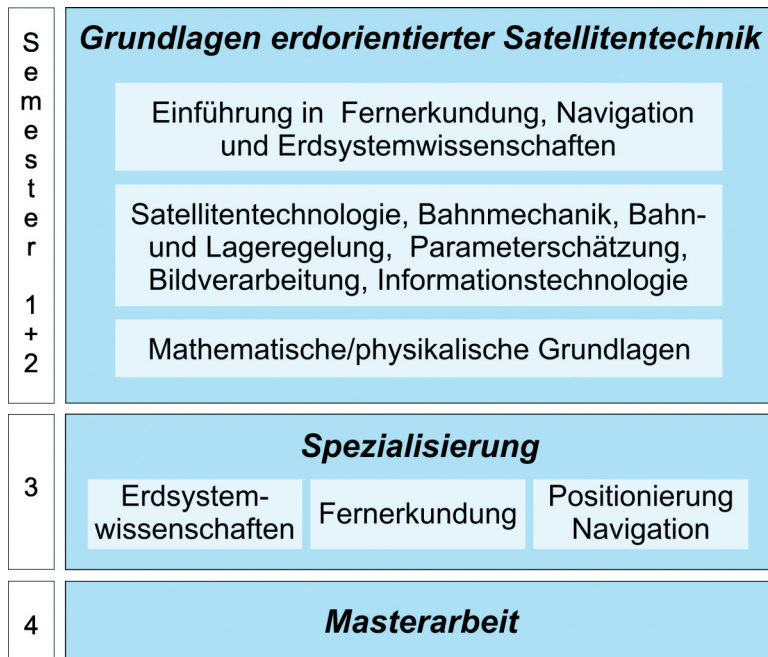


Bild 6: Aufbau des Masterstudiengangs

Der Studiengang startet jeweils zum Wintersemester. Geeignete Bewerber werden in einem Eignungsfeststellungsverfahren anhand ihrer Qualifikation und fachlichen Eignung ausgewählt. Voraussetzung ist ein überdurchschnittlicher Bachelorabschluss in einem relevanten Bereich sowie ein englischer Sprachnachweis. Bei ausländischen Studenten erfolgt der Nachweis in der Regel durch einen anerkannten Sprachtest, wie z. B. TOEFL. Bei Bewerbern mit deutscher Hochschulzugangsberechtigung genügt eine Abiturnote im Fach Englisch von mindestens »gut«.

Entsprechend der internationalen Praxis erfolgt die Auswahl und Zulassung der Kandidaten bereits im Frühjahr. Die Bewerbungsfrist für den Studienstart im Oktober endet jeweils Mitte März des selben Jahres. Studiengebühren werden derzeit noch nicht verlangt. Dies wird sich ändern, wenn, wie zu erwarten ist, ab 2007 verpflichtend Studiengebühren an den Universitäten eingeführt werden. Auch die ESPACE Studenten haben dann mit Gebühren zwischen 300 und 500 Euro pro Semester zu rechnen.

Zielgruppe von ESPACE sind Studenten mit Bachelorabschluss in einem natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Fach. Natürlich werden aber auch Abgänger von Diplomstudiengängen angenommen, die sich weiter spezialisieren wollen. Diese können sogar mit einer verkürzten Studienzeit rechnen, denn bei fachlicher Relevanz besteht die Möglichkeit, die bereits im vorausgegangenen Diplomstudiengang erstellte Abschlussarbeit als Masterarbeit anerkennen zu lassen. Das Studium verkürzt sich dann auf 3 Semester.

Der Studiengang wird vollständig in englischer Sprache angeboten und soll Studenten aus dem gesamten europäischen Bereich und auch darüber hinaus ansprechen. Insbesondere für Länder mit eigenen Weltraumprogrammen, wie z. B. China oder Indien, dürfte der Studiengang attraktiv sein. Und dies umso mehr, da es sowohl im nationalen wie auch im internationalen Vergleich nur wenige Studienangebote dieser Art gibt. Zu nennen wären hier zunächst zwei ebenfalls neue Masterprogramme, die nahezu parallel zu ESPACE entstanden sind, aber andere Schwerpunkte setzen. Gemeint ist der postgraduale Kurs »Space Exploration and Development Systems« (SEEDS), der zusammen von den Universitäten in Turin, Bremen und Toulouse betrieben wird und der so genannte »Space-Master« Kurs, an dem sechs europäische Einrichtungen beteiligt sind, darunter – als deutscher Vertreter – die Universität Würzburg. SEEDS konzentriert sich weniger auf erdorientierte Anwendungen, sondern auf die Exploration des gesamten Sonnensystems, während der »Space-Master« seinen Schwerpunkt im Bereich der Satellitentechnologie setzt. Am nächsten kommt dem Aufbau von ESPACE noch der Masterkurs in »Space Sciences«, der an der Universität Graz betrieben wird. Anstelle des Bereichs Erdsystemwissenschaften liegt dort allerdings der Schwerpunkt im Bereich der Weltraumphysik. München zeichnet sich also nicht nur durch die einmalige Konzentration von Expertise im Bereich der erdorientierten Satellitentechnik aus, auch das Studienangebot von ESPACE kann als nahezu einmalig betrachtet werden. Um die Position von ESPACE zu sichern, ist beabsichtigt, mittelfristig Verbindungen mit den verwandten Studiengängen innerhalb Europas zu suchen. Dies kann dazu dienen, gemeinsame Stärken auszubauen, um etwa gemeinsame Studienmodule zu definieren, aber auch sich in gewissen Bereichen weiter zu spezialisieren und regionale Themenschwerpunkte zu bilden. Ebenso können bisher unbearbeitete Themen aufgedeckt und besetzt werden. So könnte europaweit ein interdisziplinäres Netzwerk verschiedener Lehreinheiten im Bereich der erdorientierten Weltraumwissenschaften entstehen, das in enger Kooperation mit Forschungseinrichtungen, Weltraumagenturen und Industrie für Studenten aus ganz Europa und darüber hinaus ein ideales Umfeld für Studium und Beruf schafft. Erste Vorschläge hierzu wurden bereits von Boillot (2005) innerhalb einer europäischen Studie dargestellt.

Schlussbemerkungen

Der Studiengang ESPACE wurde im Frühsommer 2005 genehmigt und startete erstmals zum Wintersemester 2005/06. Der erste Jahrgang absolviert also gerade sein erstes Studiensemester. Detaillierte Aussagen zu Akzeptanz und Erfolg des Studiengangs werden erst nach einer gewissen Konsolidierungsphase möglich sein. Der Studiengang wurde zunächst für 5 Jahre eingerichtet und wird bei positiver Bewertung weitergeführt.

ESPACE bietet gerade auch für die Geodäsie an der TUM die Möglichkeit, sich in der aktuellen Umbruchphase der Studienstrukturen und der zunehmenden Wettbewerbssituation an und zwischen den Universitäten neu zu positionieren und die Rolle als Bindeglied zwischen Ingenieur- und Erdwissenschaft zu festigen. Dabei tritt ESPACE nicht in direkte Konkurrenz zur klassischen Geodäsieausbildung an der TUM, die in dem konsekutiven Bachelor/Masterstudiengang »Geodäsie und Geoinformation« parallel weitergeführt wird. Durch die interdisziplinäre Ausrichtung zielt ESPACE vielmehr darauf ab, Studenten verschiedenster Fachbereiche zu integrieren. Die beteiligten Institute können somit ihren Kompetenzbereich in der Lehre über das traditionelle Feld der Geodäsieausbildung hinaus erweitern. Es entsteht also weniger eine Konkurrenzsituation innerhalb der Geodäsie, als vielmehr eine Festigung ihrer Stellung in einem zukunftssträchtigen und interdisziplinären Umfeld.

Zusätzliche Hinweise

Weiterführende Informationen zum Studiengang sind unter www.espace-tum.de zugänglich.

Die Bewerbungsfrist für das nächste Wintersemester 2006/07 endet am 15. März 2006.

Literatur

Boillot, Y. (2005): ERA Star – Outreach and Education. Bericht an die Europäische Kommission, RPT-ERA-002. HE Space Operations BV, Niederlande.

Richardson, D. (2004): Mapping opportunities. Nature, Vol 427, 376-377.