

## 1 Einleitung

Das Studium der Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart wird als konsekutiver forschungsorientierter Studiengang angeboten. Die Absolventen des viersemestrigen Master-Studiums werden ausgebildet mit dem Abschluss Master of Science (M.Sc.).

## 2 Leistungspunkte und Module

Module bezeichnen thematisch kohärente Lerneinheiten. Am Ende eines Moduls steht ein definiertes und überprüfbares Lernergebnis, das in den folgenden Modulbeschreibungen für jedes Modul definiert ist. Leistungspunkte (Credit Points) bilanzieren den Arbeitsaufwand, den ein Studierender im Durchschnitt aufwenden muss, um eine Veranstaltung erfolgreich zu absolvieren. 1 Credit Point entspricht 30 Arbeitsstunden. Pro Semester sind etwa 900 Arbeitsstunden vorgesehen, mithin also im Mittel 30 Credit Points pro Semester.

## 3 Master-Studium

Das Master-Studium umfasst 120 Leistungspunkte (Credit Points), die in einer Regelstudienzeit von 4 Semestern absolviert werden. Dieser vertiefende und forschungsorientierte Studiengang wird mit dem Titel „Master of Science“ abgeschlossen. Die 120 Credit Points verteilen sich auf:

- Vertiefungsmodule (24 Credit Points),
- Spezialisierungsmodule (48 Credit Points),
- Ergänzungsmodule (18 Credit Points) und
- die Master-Arbeit (30 Credit Points).

Aus einem Angebot von 6 Vertiefungsmodulen sind 4 Module im Umfang von 24 Credit Points verpflichtend für alle Studierenden des Masterstudiengangs.

Die Spezialisierungsmodule (48 Credit Points) müssen aus zwei Spezialisierungsrichtungen mit jeweils 24 Credit Points belegt werden. Darüber hinaus müssen 18 Credit Points an Ergänzungsmodulen gewählt werden. Darunter zählen die Vertiefungsmodule, Module aller Spezialisierungsrichtungen und Ergänzungsmodule des MSc LRT, sofern diese nicht im Rahmen der Vertiefung und Spezialisierung bereits absolviert wurden. Innerhalb der 18 Credit Points des Ergänzungsteils können optional 6 Credit Points an fachaffinen Schlüsselqualifikationen belegt werden, die aus einem Katalog der Fakultät gewählt werden können. Es dürfen jedoch keine Module gewählt werden, die im Rahmen eines anderen Studiums bereits geprüft wurden.

## **Spezialisierungsrichtungen:**

- A: Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT
- B: Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT
- C: Informationstechnik in der LRT
- D: Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT
- E: Flugführung und Systemtechnik in der LRT
- F: Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen
- G: Antriebs- und Energiesysteme in der LRT
- H: Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung

# Spezialisierungsrichtung A

## Mathematische und physikalische Modellbildung in der Luft- und Raumfahrttechnik

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weigand

### Motivation

Das Studium der Luft- und Raumfahrttechnik ist durch eine breite Anzahl an Grundlagenvorlesungen geprägt. Neben allen im Studium vermittelten luft- und raumfahrttechnischen Anwendungen führen diese zu einer deutlich anderen Ausrichtung im Vergleich zum klassischen Maschinenbau.

Die Spezialisierungsrichtung A trägt diesem Alleinstellungsmerkmal des Studiengangs Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart Rechnung, in dem eine große Fülle an grundlagenorientierten Vorlesungen angeboten wird, die ihren Fokus auf der mathematischen und physikalischen Modellbildung in der Luft- und Raumfahrttechnik haben. Diese Spezialisierungsrichtung trägt dem Wunsch Rechnung in einem ingenieurwissenschaftlichen Studiengang auch sehr theoretische Betrachtungen anbieten und durchführen zu können. Wir sind überzeugt, dass diese grundlagenorientierten Vorlesungen zum weiteren Aufbau eines breiten Grundlagenwissens der Studierenden beitragen und im späteren Berufsalltag eine schnelle Einarbeitung in viele Problembereiche erleichtert.

Dieser Aspekt ist in der Luft- und Raumfahrttechnik von großer Wichtigkeit, da alle Fachdisziplinen einem stetigen und manchmal auch sehr rasanten Wandel unterliegen und vielfach neue Techniken, Werkstoffe oder Verfahren eingesetzt werden, um im extremen Bereich der Anwendungen noch eine sinnvolle und vertrauenswürdige Auslegung gewährleisten zu können. Hierzu ist es wiederum sehr wichtig die fachspezifischen Grundlagen und Grenzen physikalischer Modelle sehr genau zu kennen.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Die primäre Zielsetzung dieser Spezialisierungsrichtung besteht darin ein möglichst breites Spektrum an mathematischen und physikalischen Grundlagen sowie die physikalische Grundlagenmodellierung zu zeigen. Das bedeutet auch, dass diese Spezialisierung eine breite Anzahl an mathematischen Grundlagenvorlesungen aus verschiedenen Bereichen enthält, wie z.B. Analytische Methoden, mathematische Methoden in der Strömungsmechanik, Nichtlineare Methoden, Finite Elemente, explizite Simulationsmethoden...

Auf der anderen Seite beinhaltet die Spezialisierungsrichtung A aber auch viele Vorlesungen, die sich der physikalischen Modellbildung in allen Bereichen der Luft- und Raumfahrttechnik widmen. Hier sind z.B zu nennen: Aeroelastizität, elastisch-plastische Tragwerke, Bruchmechanik, Hyperschallströmungen, Turbulenzmodellierung, Verbrennungsmodellierung, kinetische Gastheorie, Strukturmechanik, Transitionsmodellierung...

Durch die Anordnung der beiden Bereiche der mathematischen und physikalischen Modellbildung in einer Spezialisierungsrichtung wird beabsichtigt, den Studierenden auf der einen Seite das mathematische Rüstzeug für viele im späteren Berufsleben auftretende Problemstellungen an die Hand zu geben und detailliert zu erklären. Auf der anderen Seite ist es das erklärte Ziel dieser Spezialisierungsrichtung, die physikalische Modellbildung anhand verschiedenster Beispiele genau zu zeigen und die Funktionsweise aber auch die Grenzen verschiedener Modelle zu erklären.

Im Moment werden in der Spezialisierungsrichtung A rund 35 Vorlesungen/Module angeboten aus denen die Studierenden auswählen können. Die auswählbaren Module haben 3 oder 6 LP. Der Modulkatalog informiert über alle in der Spezialisierungsrichtung A angebotenen Module und Vorlesungen.

# Spezialisierungsrichtung B

## Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der Luft- und Raumfahrttechnik

Prof. Dr. Claus-Dieter Munz

### Motivation

Experimentelle und numerische Simulation sind heute die beiden Grundpfeiler in der Forschung, Entwicklung und Konstruktion von technischen Geräten. Gerade in der Luft- und Raumfahrttechnik ist die Qualität der Simulationstechniken ganz entscheidend, da z.B. der Bau eines Fluggerätes viel Zeit und Geld kostet und dabei die Sicherheitsfaktoren möglichst klein, aber gut abgesichert sein müssen. Insofern ist war die LRT in der Vergangenheit auch immer einer der großen Initiatoren von guten Simulationsmethoden im Experiment und in der Numerik. Durch die möglichen Geld- und die Zeitersparnis mit Hilfe guter Simulationsmethoden und hochauflösender Visualisierung ist dies heute umso mehr ein sehr aktuelles Thema in der gesamten Industrie.

Die Spezialisierungsrichtung B führt die Simulationsmethoden in Experiment und in der numerischen Simulation in einer Spezialisierung zusammen. Dies spiegelt die aktuelle Situation in Forschung und Industrie sehr gut wieder, wo numerische Simulationen durch Experimente abgesichert werden oder auch die numerischen Ergebnisse mit zur Interpretation der Experimente beitragen. Die Grundlagenvorlesungen in numerischer Simulation und die Behandlung von Messmethoden werden hier weitergeführt im Richtung der unterschiedlichen Anwendungen in der Luft- und Raumfahrttechnik. Durch die anwendungsübergreifende Spezialisierungsrichtung B wird eine solide Kenntnis und Erfahrung mit Simulationsverfahren vermittelt, die auch die schnelle Einarbeitung in künftige neue Methoden ermöglicht.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Die Zielsetzung der Spezialisierungsrichtung B ist die Erweiterung der Kenntnisse aus Grundlagenvorlesungen im Hinblick auf die verschiedenen Bereiche und Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt. Dies bedeutet dann auch gleich, dass ein breites Spektrum an Vorlesungen angeboten wird.

Im Bereich der numerischen Simulation ist die Wahlpflichtvorlesung „Analytische und numerische Methoden der Luft- und Raumfahrt“ ein zentraler Baustein, in dem die Kenntnisse in den numerischen Methoden aus der Bachelorvorlesung wieder aufgefrischt und konkret an einzelnen Gleichungen aus der Luft- und Raumfahrt ausgeführt werden, in Wechselwirkung mit der physikalischen und mathematischen Modellbildung. In der Luft- und Raumfahrttechnik sind die Bereiche, in denen aufwändige numerische Simulationen benötigt werden, vor allem die Strömungsmechanik und die Mechanik mit Statik und Dynamik. Hier decken die Vorlesungen den ganzen Bereich ab, von der Aerodynamik über Verbrennung bis Mehrphasenströmungen, von Materialermüdung und Bruchmechanik bis Tragwerke. Dies wird durch Vorlesungen über Visualisierung und Turbulenzmodellierung ergänzt. Vorlesungen mit praktischen Programmierübungen und mit externen Dozenten aus der Industrie spielen dabei eine wichtige Rolle. Die unterschiedlichen Anwendungsbereiche zeigen sich deutlich bei dem Angebot an Vorlesungen in der experimentellen Simulation. Neben den Messmethoden in der Strömungs- und Strukturmechanik werden hier Vorlesungen im Bereich von Gasturbinen und Turbomaschinen, von Wärmetransport und Hochtemperaturmesstechnik bis hin zu Messmethoden für Tropfenströmungen angeboten.

In der Spezialisierungsrichtung B wird den Studierenden ein gutes Hintergrundwissen über numerische und experimentelle Simulationsmethoden gegeben, welches an verschiedenen Anwendungen auch detailliert in die Tiefe geht.

# Spezialisierungsrichtung C

## Informationstechnik in der LRT

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Stephan Rudolph

### Motivation

Digitalisierung, Wissensmodellierung und –verarbeitung bis hin zu Methoden der Künstlichen Intelligenz sind die essentiellen Zutaten für moderne digitale Prozessketten und Softwareprogramme zur Entwurfs- und Fertigungsautomation sowie im Betrieb sogenannter Cyber-Physikalischer Systeme. Die aus dem Potential der Digitalisierung heraus beginnende „digitale Transformation“ wird zu einem tiefgreifenden Wandel nicht nur in der uns direkt betreffenden Luft- und Raumfahrtindustrie wie wir sie heute kennen führen, sondern auch alle anderen Ingenieurdisziplinen und Industrien betreffen. Die Auswirkungen der Digitalisierung, die durch Automation u.a. drastisch verkürzte Entwicklungszeiten und qualitativ bessere Produkte verspricht, werden dabei als so gravierend, d.h. als so „disruptiv“ eingeschätzt, dass die aktuelle Rolle der Informationstechnik für das Ingenieurwesen als „game changer“ eingeordnet wird.

Als eine direkte Folge der Digitalisierung vermischen sich die bisher eher getrennten Berufsbilder von „Ingenieur“ und „Informatiker“ zu einem neuen Berufsbild des „Systemarchitekten“, der mit den Begriffen des klassischen Ingenieurwesens ebenso wie mit Begriffen der Informationstechnik elegant umgehen, diese kombinieren, abwägen und bewerten kann. Die bereits heute erkennbare und zukünftig immer noch weiter zunehmende Verschmelzung von Rechner-, Software- und physischer Produktarchitektur mit zahlreichen Sensoren und Aktoren zu sogenannten Cyber-Physikalischen Systemen (autonom fliegende und navigierende UAVs, wiederverwendbare Transportsysteme, ...) mit neuen Fähigkeiten wie Autonomie, Kooperation, Lernfähigkeit und Resilienz wird zukünftig zu einem steigenden Bedarf der Industrie an Studierenden mit einem solchen Kenntnis-, Kompetenz- und Tätigkeitsprofil führen.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Die Spezialisierungsrichtung C „Informationstechnik in der LRT“ ist darauf ausgerichtet, Studierende für diese zukünftige Tätigkeit als „Systemarchitekt“ zu befähigen und die hierfür notwendigen und wünschenswerten Kenntnisse und Fähigkeiten aus dem klassischen Ingenieurwesen mit denen aus der Informatik sinn- und vorteilhaft miteinander zu verschmelzen.

Daher werden in der Spezialisierungsrichtung C sowohl Vorlesungen/Module mit vorwiegend informationstechnischen Inhalten (wie z.B. „Softwaretechnik“ und „Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen“), als auch Vorlesungen/Module (wie z.B. „Digitaler Produktentwurf“ und „Art and Science of Systems Architecting“) angeboten, bei denen die Umsetzung der informationstechnischen Methoden im Ingenieurwesen im Vordergrund steht. Abgerundet wird das Angebot in der Spezialisierungsrichtung C durch Vorlesungen/Module zu KI-Methoden, zur nichtlinearen Optimierung und Bildverarbeitung (z.B. „Ähnlichkeitsmechanik im Ingenieurwesen und in der Künstlichen Intelligenz“, etc.), die damit eine erfolgreiche „Brückenbildung“ zwischen Informations- und Ingenieurdisziplinen ermöglicht, die die Befähigung der Studierenden zum Verständnis des Entwurfs, der Simulation, der Analyse und der Bewertung moderner zukünftiger Cyber-Physikalischer Systeme erbringen soll.

Im Moment werden in der Spezialisierungsrichtung C mehr als 20 Vorlesungen/Module angeboten aus denen die Studierenden auswählen können. Die auswählbaren Module haben 3 oder 6 LP und werden durch Seminare und Workshops mit praktischen Übungen und kleineren prototypischen Anwendungen ergänzt. Der Modulkatalog informiert über alle in der Spezialisierungsrichtung C angebotenen Module, Vorlesungen, Seminare und Workshops sowie deren Kombinations- und Wahlfreiheiten.

# Spezialisierungsrichtung D

## Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der Luft- und Raumfahrttechnik

Prof. Dr.-Ing. Peter Middendorf

### Motivation

Der Leichtbau mit modernen Werkstoffen ist eine historische Luft- und Raumfahrtdisziplin als notwendige Voraussetzung zur Überwindung der Schwerkraft, die im Laufe der Jahre sogar an Bedeutung zugenommen hat. Grund dafür sind die gestiegenen Anforderungen im Rahmen eines effizienten Luftverkehrs in Verbindung mit dem stetigen technologischen Fortschritt bei neuen Materialien, Produktionsverfahren und Berechnungsmethoden.

Insbesondere die Faserverbundtechnik ermöglicht dabei nicht nur Gewichtseinsparung sondern darüber hinaus neue Bauweisen und erfordert eine lastpfadgerechte Auslegung und Fertigung. Dies ist ein Schwerpunkt, der von den beteiligten Instituten der Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie gemeinsam in der Lehre angeboten wird und gleichzeitig einen wichtigen Bestandteil des Forschungsprogramms der Universität Stuttgart darstellt.

Somit ist die Spezialisierungsrichtung auch – trotz ihres spezifischen LRT-Bezugs – von branchenübergreifendem Interesse für alle Hochleistungsstruktur-Anwendungen, was sich entsprechend in den Inhalten der angebotenen Module widerspiegelt.

Im Fokus steht dabei der Leichtbau, der allerdings nicht als Einzeldisziplin zu verstehen ist, sondern vielmehr interdisziplinär die Bereiche der Konstruktion, Strukturmechanik, Werkstoffwissenschaften und Produktionstechnologie miteinander verbindet.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Die Zielsetzung der Spezialisierungsrichtung D ist eine Werkstoffübergreifende, Ingenieurtechnische Ausbildung mit breitem Spektrum an Hintergrundwissen zu Strukturmechanik, Modellierung und Simulation.

Zentrales Modul dafür ist der Leichtbau 1 zur Einführung in Methodik, Strukturelemente und Berechnung, ergänzt durch Werkstoffe und Fertigungsverfahren als Überblick aktueller Technologien aus den Bereichen Faserverbundkunststoffe, metallische Legierungen und Fügeverfahren.

Dazu kommt eine Vielzahl an Modulen aus der Strukturmechanik (Tragwerksauslegung, elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua, Experimentelle Methoden in der Strukturmechanik), den Faserverbundwerkstoffen (Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen, Faserverbundseminar, Materialprüfung), den metallischen Werkstoffen (Materialermüdung und Bruchmechanik, Werkstofftechnik), dem Leichtbau (Leichtbau 2, Leichtbauseminar), den Simulationsmethoden (Composites Modelling, explizite Simulationsmethoden) sowie Spezialveranstaltungen zu keramischen Werkstoffen, Werkstoffen für LRT-Antriebe, 3D-Druck und zerstörungsfreier Werkstoffprüfung.

Neben der klassischen Lehrform von Vorlesung und Übung wird ebenso Wert auf die ingenieurpraktische Anwendung gelegt, was insbesondere im Rahmen von Seminaren angeboten wird. Der Praxisbezug wird auch durch externe Lehrbeauftragte aus einschlägigen Industrieunternehmen unterstützt.

# Spezialisierungsrichtung E

## Flugführung und Systemtechnik in der LRT

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Reichel

### Motivation

In modernen Transportflugzeugen (z.B. Airbus, Boeing), Hubschraubern oder Spezialluftfahrzeugen wie Unmanned Air Vehicles nehmen (Luftfahrt-)Systeme eine zentrale bis dominante Rolle ein. Sie umfassen zahlreiche Domänen wie „*Flugsteuerung / Flugführung / Flugmanagement*“, die Domäne „*Cockpit*“ mit den Bereichen Kommunikation, Informationsverarbeitung und -präsentation, die Domäne „*Utility*“ mit den Bereichen Energieversorgung, Fahrwerk etc. sowie die Domäne „*Cabin*“. Entsprechend herausfordernd sind die Anforderungen, die an diese Systeme gestellt werden. Zum einen sind die von ihnen auszuführenden Funktionen größtenteils sehr komplex. Beispielhaft hierfür seien die Flugregelung oder die autonome Flugführung erwähnt. Zum anderen ist der Ausfall von gerade komplexen Funktionen in der Regel katastrophal, was zu hoch redundanten, fehlertoleranten Systemen führt. Hinzu kommt, dass eine Avionikplattform aus Kosten- und Gewichtsgründen in der Lage sein muss gleichzeitig eine Vielzahl von Funktionen ausführen. Das Ergebnis sind äußerst komplexe Systeme, welche hohe Herausforderungen an ihren Entwurf stellen. Die Motivation der Spezialisierungsrichtung E ist es, den Studierenden in diesem zukunftssträchtigen und perspektivisch herausragenden Bereich eine fundierte Ausbildung zu ermöglichen.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Das Hauptziel der Spezialisierungsrichtung „Flugführung und Systemtechnik in der LRT“ ist es, den Studierenden die grundlegenden Fähigkeiten zu vermitteln um komplexe sicherheitskritische Luftfahrtsysteme eigenständig auslegen, bewerten und realisieren zu können, und um deren Funktion am konkreten Beispiel der Flugführung (umfasst Lenkung, Regelung und Navigation) analysieren und modellieren zu können. Die Strukturierung der Lehrveranstaltungen zur Spezialisierung E orientiert sich an den oben genannten Schwerpunkten.

Im Bereich „Funktion“ liegt der Fokus auf Lenkung, Regelung und Navigation. In der Lenkung geht es um die konkrete Umsetzung bei Flugkörpern als auch allgemein um den Entwurf vorgegebener Flugbahnen. Ein systematischer Ansatz dazu ist die Optimalsteuerung. Die Lenkung baut auf der Regelung auf, deren Entwurf und Besonderheiten bei Flächenflugzeugen und Hubschraubern vorgestellt werden. Im Aerobotics-Seminar wird die komplette Entwicklungskette vom Entwurf bis zum Flugtest durchgespielt. Gemessene und geschätzte Variablen des Flugzustands gehen als wesentliche Eingangsgrößen in die Lenkung und Regelung ein. Zu diesem Thema gibt es Vorlesungen über Navigation, Flugmesstechnik und Schätzverfahren. Methodische Grundlagenvorlesungen sind Mehrgrößenregelung, nichtlineare Optimierung, mechanische Systeme und Strukturmechanik. Die beiden Letzteren sind wichtig für Modellbildung und Simulation.

Im Bereich „Systeme“ bietet ein Praktikum die Möglichkeit, bisherige Kenntnisse zu Systementwurf zu vertiefen. Die weitere fachliche Spezialisierung unterteilt sich in Form von Vorlesungen, Seminaren und Praktika in den Entwurf komplexer fehlertoleranter Avioniksysteme, in weiterführende Methoden / Verfahren zu Systemmodellierung und -analyse sowie den luftfahrtgemäßen Entwicklungsprozess, und schließlich in anwendungsorientierte Fächer. Dazu zählen Integrierte Modulare Avionik, Angewandte Luftfahrtsysteme mit Aufbau und Funktion real existierender Luftfahrtsysteme aller Domänen, das A320 Autoflight-System sowie die Cockpitauslegung unter dem besonderen Aspekt von „Human Factors“ sowie Flugmesstechnik.

# Spezialisierungsrichtung F

## Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen

Prof. Dr.-Ing. Andreas Strohmayer

### Motivation

In der Luft- und Raumfahrt werden Produkte entwickelt, die für extreme mechanische und thermische Beanspruchungen bei geringstem Gewicht ausgelegt sind und an die zugleich hohe Anforderungen an Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und Umweltverträglichkeit gestellt werden. Mit der Ausrichtung auf den Entwurf, die Auslegung und den Bau von Fluggeräten, Raumfahrzeugen, Satelliten und auch deren Subsysteme und Bauteile eröffnet sich der Ingenieur in der Luft- und Raumfahrtbranche damit ein sehr weit gefächertes und interessantes Tätigkeitsfeld.

Benötigt werden dafür einerseits solide Grundlagen in den relevanten Fachdisziplinen, andererseits erfordert die Auslegung eines Luftfahrzeugs oder Raumfahrzeugs die Fähigkeit des Generalisten zur interdisziplinären Integration der Fachkenntnisse in ein Gesamtsystem. Diese Kompetenz eröffnet dem Studierenden neben den klassischen Unternehmen in der Luft- und Raumfahrt branchenübergreifend auch andere Anwendungsgebiete wie zum Beispiel die Automobilindustrie oder die Windenergie.

Die Spezialisierungsrichtung F „Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen“ richtet sich an den künftigen Entwicklungsingenieur, Konstrukteur und Generalisten, wobei der Schwerpunkt auf anwendungsbezogenen Vorlesungsinhalten liegt. Bei der Zusammenstellung der fachübergreifend strukturierten Vorlesungsmodule wird Wert darauf gelegt, den Studierenden auf der Grundlage solider Fachkenntnisse einen möglichst breiten Überblick über das Gesamtsystem des Luft- oder Raumfahrzeuges zu geben.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Die Spezialisierungsrichtung F vermittelt die notwendigen theoretischen Grundlagen und spannt darauf aufbauend den Bogen von der Simulation über die Systemintegration hin zur praktischen Anwendung, um den Studierenden auf ein möglichst weites Tätigkeitsfeld vorzubereiten.

Als Grundlagenwissen vertiefen die angebotenen Module die fundamentalen Kenntnisse in den Bereichen der Aerodynamik für Tragflügel, Hubschrauber und auch industrielle ‚nicht-fliegende‘ Anwendungen, der Werkstoffe und Fertigungsverfahren, des Leichtbaus, der Berechnung und Optimierung von Tragwerken sowie im Bereich der Windenergie.

Auf dem Feld der Simulation umfasst das Angebot Module der Modellbildung für Finite Elemente, der Anwendung von FE-Methoden wie auch allgemein von Simulationsmethoden, des Profilentwurfs, der stochastischen Tragwerksanalyse und -optimierung und schließlich des digitalen Produktentwurfs.

Im Bereich der anwendungsbezogenen Integration werden schließlich die Gesamtsysteme behandelt: der klassische Flugzeugentwurf, angewandte Luftfahrtsysteme, Hubschraubertechnologien, Raumfahrtsysteme und Satellitenentwurf sowie der Entwurf von Windenergieanlagen. Nachdem insbesondere die Entwicklung von Luftfahrzeugen stark reguliert ist wird in diesem Zusammenhang auch ein Modul angeboten, das den Studierenden in die Zulassungsanforderungen an Luftfahrzeuge einführt.

Dem Schwerpunkt der anwendungsbezogenen Vorlesungsinhalte wird mit Modulen Rechnung getragen, welche die praktische Umsetzung der vermittelten Kenntnisse in den Vordergrund stellen. Angeboten werden Seminare in der Flugzeugentwicklung, im Leichtbau und in einem Windenergieprojekt sowie experimentelle Methoden in der Strukturmechanik. Als Einblick in das interessante Feld des Flugversuchs können Flugeigenschaften und -leistungen im operativen Umfeld ‚erfliegen‘ werden.

# Spezialisierungsrichtung G

## Antriebs- und Energiesysteme in der Luft- und Raumfahrttechnik

Prof. Dr.-Ing. Stephan Staudacher

### Motivation

Effektive Antriebs- und Energiesysteme sind wichtige Befähiger, nicht nur in der Luft- und Raumfahrttechnik. Angesichts des fortschreitenden Klimawandels erhalten diese Systeme besondere Bedeutung. Antriebs- und Energiesysteme unterliegen daher einem deutlichen Wandel. Dieser Wandel wird durch Ingenieure realisiert und eröffnet für heutige und zukünftige Generationen an Ingenieuren ein hoch interessantes Tätigkeitsfeld. Dabei werden neue Architekturen, Technologien und Verfahren zur Erhöhung der Effizienz bis zu den Grenzen des physikalisch Möglichen heute und in den nächsten Jahrzehnten intensiv untersucht und erprobt.

Die Spezialisierungsrichtung G trägt dieser Entwicklung Rechnung. Sie baut auf der breiten Anzahl an Grundlagenvorlesungen des Studiums der Luft- und Raumfahrttechnik auf und ermöglicht die Anwendung der dort erarbeiteten Grundlagen in den Anwendungen. Die Spezialisierungsrichtung trägt damit dem Wunsch Rechnung in einem ingenieurwissenschaftlichen Studium neben fundierten, theoretischen Betrachtungen auch deren Anwendung zu lehren. Wir sind überzeugt, dass dies dazu beiträgt das erarbeitete Grundlagenwissen weiter zu vertiefen und die im Berufsalltag erforderliche Problemlösungsfähigkeit zu fördern.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Die primäre Zielrichtung der Spezialisierungsrichtung besteht darin, ein möglichst breites Spektrum an Anwendungen zu zeigen. Dies bedeutet auch, dass die Spezialisierungsrichtung auf eine breite Anzahl an Grundlagen aufbaut. Dazu gehören unter anderem die Grundlagen der Thermodynamik, Strömungsmechanik, technischen Mechanik, Strukturmechanik, Regelungstechnik und Konstruktion.

Auf der anderen Seite umfasst die Spezialisierungsrichtung G viele Vorlesungen die aus verschiedenen Anwendungen motiviert sind. Hier sind z.B. zu nennen Turboflugtriebwerke, Staustrahl- und Kombinationsantriebe, Windenergie, Messverfahren und Versuchstechnik, Zustandsüberwachung und Sonderkreisläufe aus dem Anlagenbau ...

Dadurch wird beabsichtigt den Studierenden auf der einen Seite zu ermöglichen die Anwendung der luftatmenden Antriebssysteme und der Windenergie kennen zu lernen. Auf der anderen Seite besteht die Möglichkeit sich Anwendungen zu nähern, die nicht nur in diesen Bereichen hohe Relevanz haben. Dazu gehören z.B. die Turbomaschinen, Kühlungstechnologien, Strukturmechanik, Zustandsüberwachung und Konstruktion.

Im Moment werden in der Spezialisierungsrichtung G 32 Vorlesungen/Module angeboten. Die auswählbaren Module haben 3 oder 6 LP. Einige der 6 LP Module können sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester begonnen werden. Dies soll die Studierbarkeit der Spezialisierungsrichtung erhöhen. Der Modulkatalog informiert über alle in der Spezialisierungsrichtung G angebotenen Module und Vorlesungen.

# Spezialisierungsrichtung H

## Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung

Prof. Dr.-Ing. Stefanos Fasoulas

### Motivation

Absolventinnen und Absolventen der Luft- und Raumfahrttechnik sind typischerweise in Bereichen tätig, in denen anspruchsvolle technische Problemstellungen vertiefte Kenntnisse mathematischer und naturwissenschaftlicher Phänomene erfordern und / oder Methoden aus der Luft- und Raumfahrttechnik gefragt sind. Dies beinhaltet beispielsweise die Teilbereiche Modellierung, Simulation, Forschung und Entwicklung oder auch Management komplexer Systeme. Neben der Luft- und Raumfahrtbranche ist dieses Profil z.B. auch in den Bereichen Fahrzeugbau, Werkstoffentwicklung, Antriebstechnik, Verbrennungsprozesse, Regelungstechnik oder Systemtechnik sehr gefragt.

Das potentielle Arbeitsgebiet ist für Absolventinnen und Absolventen somit sehr vielseitig und dementsprechend ist die Vertiefungsrichtung H „Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung“ nicht nur für zukünftige Raumfahrtingenieurinnen und -ingenieure konzipiert. Vielmehr ist die Raumfahrttechnik als Anwendungsfach exemplarisch zu verstehen, wo durch das Zusammenführen des Wissens aus den Grundlagenfächern der Ingenieurwissenschaften, Physik, Chemie und Mathematik, technische Lösungen an der Grenze des heute Machbaren ermöglicht werden. Dabei müssen auch wichtige weitere Anforderungen, wie Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Umweltverträglichkeit, als Entwurfsbeschränkung berücksichtigt werden. Ebenso gilt es, unterschiedliche und oft widersprüchliche Anforderungen als typische Ingenieuraufgabe zu begreifen und ein Denken in Systemen zu erlernen.

### Ausrichtung und Zielsetzung

Das Hauptziel der Studienrichtung „Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung“ ist eine breite raumfahrtspezifische Ausbildung von Nachwuchsingenieurinnen und -ingenieuren. Da das Gebiet sehr umfangreich ist, erfolgt eine Schwerpunktsetzung durch die an der Fakultät vorhandenen Möglichkeiten und Erfahrungen sowie unter Einbindung externer Dozenten. Hierbei wird mit insgesamt rund 30 Vorlesungen bzw. Modulen, aus denen die Studierenden auswählen dürfen, ein in der Breite europaweit einmaliges Lehrangebot offeriert.

Die einzelnen Lehrveranstaltungen können im Wesentlichen in 3 Kategorien eingeteilt werden: Gesamtsysteme und deren Nutzungsaspekte (z.B. Kleinsatellitenentwurf, Raumstationen, Planeten- und Astronomiemissionen, Kommunikation, Navigation, Erdbeobachtung, etc.), Raumfahrtsysteme (z.B. Energiesysteme, Lageregelung, Satelliteninstrumente und Nutzlasten, chemische und elektrische Raumfahrtantriebe, Raketentreibstoffe, Wiedereintrittstechnologie, etc.) und zusätzliche raumfahrtspezifische, mathematisch-physikalische Grundlagen (z.B. Modellierung von Wiedereintrittsströmungen, Bahnmechanik, Weltraumstrahlung, Messverfahren hochenthalper Strömungen, Plasmatechnik, etc.). Dabei werden, soweit es möglich und zielführend ist, auch das Arbeiten in Teams und relevante Praktika angeboten. Insgesamt ist somit die Spezialisierungsrichtung H so ausgerichtet, dass sie hervorragend mit jeder anderen Spezialisierungsrichtung kombinierbar ist, unter Berücksichtigung der spezifischen Interessen und Neigungen der Studierenden. Mit den dabei erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten ist beabsichtigt, den Studierenden ein solides, ingenieurwissenschaftliches und raumfahrtspezifisches Fundament mitzugeben – d.h. eine Art Werkzeugkoffer, der für viele später im Berufsleben und nicht nur in der Raumfahrt auftretende Problemstellungen eingesetzt werden kann.