

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

Modulhandbuch

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik (Aerospace Engineering)

LRM

Gültig ab WS 16/17

Stand: 28.09.2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

1. Studienziele

Das Studium ermöglicht besonders befähigten Studierenden, die bereits ein Hochschulstudium abgeschlossen haben, eine konsekutive Weiterentwicklung ihrer Qualifikation und den Erwerb eines weiteren, international kompatiblen Abschlussgrades. Die Studierenden erwerben auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methode beruhende Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, die sie für eine Tätigkeit als Fachspezialist oder Führungskraft für Planung, Entwurf, Analyse, Test und Zertifizierung in der Luft und Raumfahrttechnik oder auch für eine wissenschaftliche Weiterqualifizierung im Rahmen einer Promotion befähigen.

Die Pflichtmodule vermitteln vertiefte Kenntnisse

1. der Höheren Mathematik,
2. der Methoden der strategischen Unternehmensführung und des Projektmanagements,
3. des Lebenszyklus eines Luft- und Raumfahrtprojekts sowie der Konzepte und Standards des Systems Engineering,
4. der wissenschaftlichen Methoden zur flugdynamischen Auslegung von Flugzeugen und ihrer Regler sowie
5. der Raumfahrtmechanik und der Weltraumbedingungen.

In den Wahlpflichtmodulen können die Studierenden je nach Wahl zusätzlich Kenntnisse

1. der Möglichkeiten und Grenzen der klassischen Aeroelastik,
2. der wissenschaftlichen Methoden zur mathematischen Simulation von Flugtriebssystemen und ihrer Baugruppen,
3. der Entscheidungsprozesse bei Fluggesellschaften, die die Wirtschaftlichkeit, den Flugbetrieb, die Wartung und die Beschaffung betreffen,
4. der Sicherheitsstandards der ICAO,
5. der Methoden der Flugzeug- und Triebwerkserprobung sowie der gesetzlichen Bestimmungen für die Zulassung und den Betrieb von Luftfahrzeugen,
6. der Möglichkeiten und Grenzen der Methoden der kompressiblen Strömungsmechanik zur aerodynamischen Auslegung von Flugzeugen sowie
7. der chemischen Raketenantriebe für Start und Raumflug und der chemischen und elektrischen Antriebe für die Bahn- und Lageregelung von Satelliten

erwerben.

Wer das Studium erfolgreich abschließt, verfügt über die Fertigkeit,

1. einen kompletten Lebenszyklus eines Luft- und Raumfahrtprojektes zu planen und zu gestalten,
2. wissenschaftliche Methoden zur Auslegung von Reglern sicher anzuwenden, um die gewünschten Flugeigenschaften und Redundanzanforderungen zu erreichen,
3. wissenschaftliche Programmiermethoden für die Berechnung und Simulation von Raumfahrtmissionen sicher anzuwenden,
4. Aufgabenstellungen aus den Gebieten der Höheren Aerodynamik, der Aeroelastik, der Luftfahrtantriebe und der Raumfahrtantriebe zu analysieren und mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten,

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

5. für den Flugbetrieb Lösungen zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit und der Umweltverträglichkeit mit wissenschaftlichen Methoden zu erarbeiten sowie
6. die Erprobung und Zulassung von Flugzeugen und ihrer Komponenten nach wissenschaftlichen Standards entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen durchzuführen.

Die Studierenden erwerben die Kompetenz,

1. Aufgabenstellungen klar zu erkennen und zu definieren,
2. Mathematische Modelle zu bilden, die Simulationsergebnisse korrekt zu interpretieren und die Grenzen der zugrunde liegenden mathematischen Modelle zu bewerten sowie das Systemverhalten auf der Basis der mathematischen Gleichungen qualitativ zu bewerten,
3. Lösungen für komplexe Berechnungs- und Entwicklungsaufgaben, die nicht Standard sind, zu erarbeiten und mit Hilfe von kommerzieller Software umzusetzen,
4. Entwicklungsprojekte zu definieren, zu gliedern und den benötigten Bedarf an Zeit und Ressourcen abzuschätzen,
5. Projekte zu leiten, dabei auf Einhaltung der Termine zu achten und mit externen Firmen zusammenzuarbeiten, sowie
6. sich selbstständig in neue Aufgabengebiete einzuarbeiten.

Zu den erworbenen Kompetenzen gehören auch soziale Kompetenzen wie Teamkompetenz und Führungskompetenz.

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

2. Modulübersicht

Die Lehrveranstaltungen eines jeden Moduls umfassen vier Semesterwochenstunden. Mit jedem Modul mit Ausnahme der Masterarbeit werden 6 ECTS-Kreditpunkte erworben. Mit der Masterarbeit werden 30 ECTS-Kreditpunkte erworben.

Der Studiengang umfasst Pflichtmodule und Wahlpflichtmodule. Die Pflichtmodule sind für alle Studierenden verbindlich. Aus den Wahlpflichtmodulen können die Studierenden entsprechend den in der Studien- und Prüfungsordnung angegebenen Regelungen eine Auswahl treffen. Die gewählten Wahlpflichtmodule werden wie Pflichtmodule behandelt.

Lfd. Nr.	Deutsche Bezeichnung	Englische Bezeichnung	Angeboten
LRM 1	Pflichtmodule	Mandatory Modules	
TBM 1.1	Höhere Mathematik	Advanced Mathematics	SS und WS
TBM 1.2	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen	Management of Enterprises, Projects and Knowledge	SS und WS
LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt	Aerospace Systems Engineering	SS
LRM 1.4	Flugdynamik	Flight Dynamics	WS
LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Welt- raumbedingungen	Space Flight Dynamics and Space Environment	SS
LRM 2	Wahlpflichtmodule	Elective Modules	
LRM 2.1	Aeroelastik	Aeroelasticity	WS
LRM 2.2	Luffahrtantriebe	Aeronautical Propulsion Systems	SS
LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement	Aircraft Operations and Airline Management	SS
LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken	Aircraft and Propulsion Systems Testing and Certification	WS
LRM 2.5	Höhere Aerodynamik	Advanced Aerodynamics	WS
LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge	Space Launch and Satellite Propulsion Systems	WS
LRM 2.7	Projektmodul	Independent Study	SS und WS
TBM 2.4	Strukturdynamik	Structural Dynamics	SS
LRM 3	Masterarbeit	Master's Thesis	

Module mit der Kennung TBM sind im Modulhandbuch des Masterstudiengangs „Technische Berechnung“ beschrieben.

Module mit der Kennung LRM sind in Kapitel 4 dieses Dokuments beschrieben.

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

3. Studienablauf

Vollzeitstudium, Start im Sommersemester (Beispiel)

1. Semester (SS)	TBM 1.1	Höhere Mathematik
	TBM 1.2	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrttechnik
	Ein weiterer Modul aus	
	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	LRM 2.7	Projektmodul
	TBM 2.4	Strukturdynamik
		Freier Wahlmodul ¹
2. Semester (WS)	LRM 1.4	Flugdynamik
	Vier weitere Module aus	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.5	Höhere Aerodynamik
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Projektmodul
		Freier Wahlmodul ¹
3. Semester (SS)	LRM 3	Masterarbeit

Vollzeitstudium, Start im Wintersemester (Beispiel)

1. Semester (WS)	TBM 1.1	Höhere Mathematik
	LRM 1.4	Flugdynamik
	Drei weitere Module aus	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.5	Höhere Aerodynamik

¹ Der freie Wahlmodul kann aus anderen Masterstudiengängen der Fakultät für Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und Flugzeugtechnik der Hochschule München, aus ingenieurwissenschaftlichen Masterstudiengängen anderer Fakultäten der Hochschule München oder aus an einer ausländischen Partneruniversität angebotenen Masterstudiengängen ausgewählt werden. Insgesamt können zwei freie Wahlmodule gewählt werden.

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Projektmodul Freier Wahlmodul ¹
2. Semester (SS)	TBM 1.2	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen
	Zwei weitere Module aus	
	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	LRM 2.7	Projektmodul
	TBM 2.4	Strukturdynamik Freier Wahlmodul ¹
3. Semester (SS)	LRM 3	Masterarbeit

Teilzeitstudium, Start im Sommersemester (Beispiel)

1. Semester (SS)	TBM 1.1	Höhere Mathematik
	TBM 1.2	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
2. Semester (WS)	LRM 1.4	Flugdynamik
	Ein weiterer Modul aus	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.5	Höhere Aerodynamik
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Projektmodul Freier Wahlmodul ¹
3. Semester (SS)	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen
4. Semester (WS)	Zwei Module aus	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Projektmodul Freier Wahlmodul ¹
5. Semester (SS)	Zwei Module aus	

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	TBM 2.4	Strukturdynamik
	LRM 2.7	Projektmodul Freier Wahlmodul ¹
6. Semester (WS)	LRM 3	Masterarbeit

Teilzeitstudium, Start im Wintersemester (Beispiel)

1. Semester (WS)	TBM 1.1	Höhere Mathematik
	TBM 1.2	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
2. Semester (SS)	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen
3. Semester (WS)	LRM 1.4	Flugdynamik
	Ein weiterer Modul aus	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Projektmodul Freier Wahlmodul ¹
4. Semester (SS)	Zwei Module aus	
	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	LRM 2.7	Projektmodul
	TBM 2.4	Strukturdynamik Freier Wahlmodul ¹
5. Semester (WS)	Zwei Module aus	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Projektmodul Freier Wahlmodul ¹
6. Semester (SS)	LRM 3	Masterarbeit

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

4. Beschreibung der Module

<i>Modulbezeichnung</i>	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Aerospace Systems Engineering
<i>Fachgruppe</i>	Regelungstechnik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 1.3
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Siebold
<i>weitere Dozenten</i>	Prof. Dr. Claudio Zuccaro, Dipl.-Ing. Christian Boenisch
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Pflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Grundlagen der Ingenieurwissenschaften
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden verstehen das Wesen und die Bedeutung des Systems Engineering und erlernen seine Bestandteile und Prozesse unter Berücksichtigung relevanter Normen insbesondere der Luft- und Raumfahrt. • Die Studierenden kennen die Heuristiken des Systems Engineering, können geeignete Methoden zur Problemlösung auswählen und den Problemlösungsprozess erfolgreich anwenden. • Die Studierenden kennen die unterschiedlichen Lebensphasen eines Systems und insbesondere die verschiedenen Phasen der Systementwicklung. • Die Studierenden kennen das Zusammenspiel der Systemgestaltung und des Projektmanagements und können darauf basierend die unterschiedlichen Rollen des Systems Engineering beschreiben.
<i>Inhalt</i>	<p>Die Lehrveranstaltung umfasst folgende Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • seminaristischer Unterricht mit integrierten Übungsanteilen • Bearbeitung von Aufgaben in eigenständiger Gruppenarbeit • Präsentationen durch die Studierenden <p>Im Einzelnen werden folgende Inhalte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prozesse des Systems Engineering gemäß ISO 15288 und relevanter Normen der Luft- und Raumfahrt • Methoden und Techniken der Systemgestaltung, des Systemmanagements und des Projektmanagements im

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

	<p>Lebenszyklus von Systemen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requirements Engineering und Stakeholder Management • Model-Based Systems Engineering • Problemlösungszyklus des Systems Engineering (Systementwurf auf Mikrovorgehensebene) • Entwicklungsphasen und –prozesse für Projekte der Luft- und Raumfahrt • Integration von Systems Engineering im Projektmanagement • Programmmanagement • Wissens- und Informationsmanagement
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Haberfellner, Reinhard et al. (Hrsg), <i>Systems Engineering - Grundlagen und Anwendung</i>, Verlag Orell Füssli, 2012 • NASA, <i>Systems Engineering Handbook</i>, NASA/SP-2007-6105 Rev1, 2007 • INCOSE Systems Engineering Handbook: <i>A Guide for System Life Cycle Processes and Activities</i>, 4th Edition <p>Eigene Lehrmaterialien zum Download</p>
<i>Kommentar</i>	•
<i>E-Mail</i>	claudio.zuccaro@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Flugdynamik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Flight Dynamics
<i>Fachgruppe</i>	Regelungstechnik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 1.4
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Alexander Knoll
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Pflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Mathematik, Regelungstechnik, Flugzeugsysteme, Flugmechanik, Aerodynamik, Flugregelung, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden verstehen die Entwicklungsprozesse für sicherheitskritische Systeme in der Luftfahrt. • Die Studierenden können Steuerungs- und Regelungskonzepte selbstständig entwickeln und in Software umsetzen. • Die Studierenden sind mit Nachweis- und Zulassungsverfahren vertraut.
<i>Inhalt</i>	<p>Die Lehrveranstaltung umfasst folgende Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • seminaristischen Unterricht • Präsentationen durch die Studenten • Entwicklung von Steuerungs- und Regelungssoftware • Erprobung am Simulator oder am fliegenden Versuchsträger. <p>Im Einzelnen werden folgende Inhalte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungsprozess sicherheitskritischer Komponenten • Hardwarekonzepte • Redundanzkonzept unter Berücksichtigung von Hard- und Software • Reglerstrukturen • Flugregelung • Mensch-Maschine Schnittstelle • Simulations- und Flugerprobung • Nachweisführung
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Brockhaus, Alles, Luckner, <i>Flugregelung</i>, Springer 2011

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

	<ul style="list-style-type: none"> • Stevens, Lewis, <i>Aircraft Control and Simulation</i>, Wiley 2003 • Gudmundsson, <i>General Aviation Aircraft Design</i>, Elsevier 2014 • Nelson, <i>Flight Stability and Automatic Control</i>, McGraw-Hill 1998 • Yechout, <i>An Introduction to Aircraft Flight Mechanics</i>, AIAA Education Series 2003 <p>Eigene Lehrmaterialien zum Download</p>
<i>Kommentar</i>	•
<i>E-Mail</i>	alexander.knoll@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Space Flight Dynamics and Space Environment
<i>Fachgruppe</i>	Regelungstechnik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 1.5
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Siebold
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Pflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Grundlagen der Ingenieurwissenschaften
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	Die Studierenden können Weltraummissionen planen und kennen sich mit den physikalischen Bedingungen außerhalb der Atmosphäre aus. Sie kennen den Aufbau und die Komponenten von Satelliten und können Simulationen von Satellitensystemen und Missionen erfolgreich durchführen.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Klassische Bahnmechanik nach Kepler • Einflüssen von Störungen, wie Gravitationsmodelle, atmosphärischer Widerstand, Solardruck etc. • Bahnmanöver, erdnah und interplanetar • Thermale und Strahlungsbelastungen • Mikrometeoriten und Space Debris • Missionsplanung und Mission Operationsphasen • Simulation
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Brown, Charles D., <i>Elements of Spacecraft Design</i>, AIAA Education Series <p>Pisacane, Vincent L., <i>Fundamentals of Space Systems</i>, Oxford University Press</p>
<i>Kommentar</i>	•
<i>E-Mail</i>	karl-heinz.siebold@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Aeroelastik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Aeroelasticity
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.1
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Johannes Wandler
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Wahlmodulpflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Mathematik, Technische Mechanik, FEM, Aerodynamik, Flugmechanik, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab oder GNU/Octave
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden verstehen die Wechselwirkungsphänomene und –mechanismen zwischen Strömungen und elastischen Strukturen. Die Studierenden können die Standardmethoden der Aeroelastik sicher anwenden und die Ergebnisse korrekt interpretieren. Sie kennen die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Methoden und die Grenzen.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> Methoden der linearen Strukturmechanik, insbesondere Modalanalyse Aerodynamische Methoden der Aeroelastik: Vortex-Lattice, Doublet-Lattice, BEM Mathematische Beschreibung der Kopplung zwischen Strömung und Struktur, Splines Methoden der statischen Aeroelastik: Trim-Analysen, aerodynamische Lasten am flexiblen Flugzeug, Ruderwirksamkeit, statische Divergenz Methoden der dynamischen Aeroelastik: Flattern, Böenlasten, Manöverlasten <p>Übungsaufgaben und die Studienarbeit werden mit dem selbst entwickelten, auf GNU/Octave basierenden Programm-baukasten Mefisto durchgeführt.</p>
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hodges, Pierce, <i>Introduction to Structural Dynamics and Aeroelasticity</i>, Cambridge 2011 Wright, Cooper, <i>Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads</i>, Wiley 2007 Dowell (Ed.), <i>A Modern Course in Aeroelasticity</i>,

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

	<p>Kluwer 1995</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fung, <i>An Introduction to the Theory of Aeroelasticity</i>, Dover 1993 • Bisplinghoff, Ashley, Halfman, <i>Aeroelasticity</i>, Dover 1996 • Försching, <i>Grundlagen der Aeroelastik</i>, Springer, 1974 • Etkin, Reid, <i>Dynamics of Flight, Stability and Control</i>, Wiley 1996 • Moran, <i>An Introduction to Theoretical and Computational Aerodynamics</i>, Dover 1984 <p>Eigene Lehrmaterialien zum Download</p>
<i>Kommentar</i>	•
<i>E-Mail</i>	johannes.wandinger@hm.edu
<i>Internet</i>	http://wandinger.userweb.mwn.de/index.html
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Luftfahrtantriebe
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Aeronautical Propulsion Systems
<i>Fachgruppe</i>	Thermodynamik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.2
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Björn Kniesner
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Thermodynamik, Wärmeübertragung, Strömungslehre, Strukturmechanik, Flugantriebe (Bachelor), Grundkenntnisse in der Programmierung
<i>Lernziele</i> <i>(Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können atmosphärische Antriebsmethoden sowie neuere Antriebstechniken aus dem Überschallbereich analysieren. • Die Studierenden können wissenschaftliche Methoden zur mathematischen Simulation von Flugantriebssystemen und ihrer Einzelbaugruppen im Bereich der Triebwerksauslegung für die allgemeine, die kommerzielle und die Hochleistungsluftfahrt sicher anwenden. Sie kennen die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit und die Grenzen der Methoden. • Die Studierenden sind in der Lage, ein Gesamtriebwerkssystem innerhalb eines Entwicklungsteams auszulegen.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung und Optimierung des Gesamtkreisprozesses von Zweistromtriebwerken • Analyse der Triebwerks-Komponenten mittels gasdynamischer Beschreibung • Detailauslegung der Triebwerkskomponenten (Schaufelprofile, Drallerzeuger, Belochung, Düsenkontur) mittels höherwertiger Verfahren (CFD, Charakteristiken, FEM) • Auslegung eines Gesamtriebwerks innerhalb einer Projektgruppe <p>Die Arbeiten werden mit einem in der Vorlesung selbst programmierten VBA-Tool sowie CFX, ANSYS und CATIA durchgeführt</p>
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM



Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none">• W. Bräunling, <i>Flugzeugtriebwerke</i>, Springer, 2004. Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>Kommentar</i>	<ul style="list-style-type: none">•
<i>E-Mail</i>	bjorn.kniesner@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Flugbetriebsmanagement
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Aircraft Operations and Airline Management
<i>Fachgruppe</i>	Regelungstechnik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.3
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Alexander Knoll
<i>weitere Dozenten</i>	Dr. rer. pol., Dipl.-Wirtsch. Ing., Dipl. Ing. Martin Müller Diverse
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Flugmechanik, Flugleistungsberechnung und Grundlagen der Betriebswirtschaft
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden verstehen die Anforderungen, Zielsetzungen und Besonderheiten der beteiligten Marktteilnehmer und Institutionen im Rahmen des kommerziellen Betriebs von Flugzeugen Die Studierenden verstehen dabei die besonderen Aspekte der Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit, einer Fluggesellschaft Die Studierenden verstehen die Ziele und Anforderungen von Flughäfen und der Flugsicherung insbesondere im Hinblick auf Umweltverträglichkeit und Lärmvermeidung. Die Studierenden sind in der Lage, den Betrieb von Flugzeugen als zentrales Element in das komplexe kybernetische System Luftfahrt einzuordnen Die Studierenden können selbständig methodische Lösungsansätze zur Optimierung des Flugbetriebs unter Berücksichtigung realer Einschränkungen entwickeln.
<i>Inhalt</i>	<p>Die Lehrveranstaltung umfasst folgende Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Seminaristischen Unterricht durch den hauptsächlichen Dozenten Beiträge zu speziellen Themen durch externe Experten/Vertreter der entsprechenden Unternehmen bzw. Institutionen <p>Im Einzelnen werden folgende Inhalte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wirtschaftliche, rechtliche und organisatorische Besonderheiten der Teilnehmer im Luftverkehr, Schwerpunkt Fluggesellschaften Verschiedene Geschäftsmodelle und deren Besonder-

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

	<p>heiten (z.B. Passagier-, Charter-, Fracht- und Geschäftsreiseverkehr)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftliche Kenngrößen, Kostenmodelle zur Abbildung des Flugbetriebs • Netzplanung und Netzmanagement • Erlössteuerung: Yield Management und Pricing • Kooperationen und Allianzen • Auswahl und Finanzierung des Fluggeräts • Organisation und Durchführung der Wartung Organisation und Durchführung des Flugbetriebs • Flugverkehr aus Sicht anderer Beteiligter (z.B. Flugsicherung, Flughäfen, Bodendienstleister, Catering- und Logistikunternehmen)
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • W. Pompl, <i>Luftverkehr: Eine ökonomische und politische Einführung</i>, Springer, 2007 • J. G. Wensveen, <i>Air Transportation: A Management Perspective</i>, Ashgate Publishing Limited, 2011 • P. Belobaba, A. Odoni, C. Barnhart (Eds.), <i>The Global Airline Industry</i>, John Wiley & Sons, 2009 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	alexander.knoll@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Aircraft & Propulsion Systems Testing and Certification
<i>Fachgruppe</i>	Thermodynamik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.4
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Björn Kniesner
<i>weitere Dozenten</i>	Dipl.-Ing. Michael Geis
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Thermodynamik, Flugantriebe , Aerodynamik, Flugmechanik, Messtechnik
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Erprobung und Test im Entwicklungsprozess eines Luftfahrzeugs. • Sie können im Test ermittelte Leistungsdaten und Kennlinien interpretieren. • Die Studierenden sind in der Lage, wissenschaftliche Methoden der Flugzeug- und Triebwerkserprobung sicher anzuwenden. • Sie kennen die Bestimmungen nach den Certification Specifications der EASA und der FAA.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Certification Specifications der EASA und der FAA • Theoretische Verfahren zur Auswertung und Umsetzung von Flug- und Triebwerksmessdaten • Nachweisführung für die Einhaltung von Flugzeug- oder Triebwerksbauvorschriften • Einführung in das Thema der Qualitätssicherung
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • W. Bräunling, <i>Flugzeugtriebwerke</i>, Springer, 2004. • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	bjoern.kniesner@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Höhere Aerodynamik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Advanced Aerodynamics
<i>Fachgruppe</i>	Strömungsmechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.5
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Peter Rene Hakenesch
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60h - Eigenstudium: 120h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Differenzial- und Integralrechnung, Aerodynamik, Fluidmechanik, Thermodynamik
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	Die Studierenden kennen die wichtigsten Begriffe und Modellbildungen der Potentialtheorie, der dreidimensionalen kompressiblen Strömungsmechanik und der instationären Wellenausbreitung. Sie sind mit den theoretischen Grundgesetzen und den Grenzen ihrer Gültigkeit vertraut, haben gelernt, die theoretischen Grundlagen zur Lösung konkreter Aufgaben anzuwenden, und sind damit in der Lage, anspruchsvollen Aufgabenstellungen aus dem Gebiet der Aerodynamik zu analysieren und mit angemessenen Methoden zu berechnen.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung der Potentialtheorie • Methode der Charakteristiken • Dreidimensionale kompressible Strömungen • Instationäre Strömungen • Viskose Effekte in Hyperschallströmungen
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Anderson, <i>Fundamentals of Aerodynamics</i>, Mc Graw Hill, 1991 • Anderson, <i>Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics</i>, Mc Graw Hill, 1989 • Hakenesch, <i>Vorlesungsskript</i> • Hayes, Probst, <i>Hypersonic Flow Theory</i>, Academic Press, 1966 • Houghton, Carpenter, Collicott, Valentine, <i>Aerodynamics for Engineering Students</i>, Elsevier, 2013 • Oswatitsch, <i>Gasdynamik</i>, Springer-Verlag, 1952 • Schlichting, <i>Grenzschichttheorie</i>, Braun-Verlag, 1965 • Vincenti, Kruger, <i>Introduction to physical gas dynamics</i>, John Wiley, 1965



Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	peter.hakenesch@hm.edu
<i>Internet</i>	http://hakenesch.userweb.mwn.de/index.html
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Space Launch and Satellite Propulsion Systems
<i>Fachgruppe</i>	Strömungsmechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.6
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Peter Schiebener
<i>weitere Dozenten</i>	Dr. Mäding, N. N.
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 60 h - Eigenstudium: 120 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Strömungsmechanik, Thermodynamik, Dynamik, Konstruktion
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden erlangen Einblick in Aufbau und Funktion von Raumfahrtantrieben für Träger, Satelliten und Sonden • Sie kennen die Funktionsweisen sowie die damit verbundenen Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Triebwerkstypen und sind in der Lage, sie verschiedenen Missionsanforderungen zuzuordnen. • Sie sind in der Lage, Düsenströmungen und die daraus resultierenden Schübe zu berechnen und verstehen die Zusammenhänge der ausschlaggebenden Parameter und Kennzahlen. • Die Studierenden sind fähig, Antriebsbedarf und Treibstoffverbrauch eines chemischen oder nichtchemischen Antriebs sowie deren Optimierung mittels Stufung oder Manöver zu berechnen. • Sie kennen den Aufbau der Atmosphäre sowie übliche Standardmodelle und begreifen die Auswirkungen auf Trajektorien von Trägersystemen. • Sie beherrschen das Zweikörperproblem und können Raumflugbahnen auslegen sowie energetisch günstige Bahnänderungen berechnen. • Die Studierenden kennen die wichtigsten derzeitigen Raumtransportsysteme sowie die entsprechenden Standardorbits. • Sie verstehen die Zusammenhänge und Einflüsse der unterschiedlichen Parameter für den Wiedereintritt von Raumkapseln.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Isentrope Düsenströmung, Impulssatz und Schubgleichung, Zweiphasenthermodynamik und Thermodynamik überkritischer Fluide, • Trägerantriebe: Kraftstoffklassifizierung, Eigenschaften

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

	<p>und Handling von LH2 und LOx, Funktion und Bauformen von Flüssigkeitstriebwerken und Feststofftriebwerken sowie Grundstufen- und Oberstufentriebwerken.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Satellitenantriebe: Kraftstoffklassifizierung, Eigenschaften und Handling Treibstoffen, Funktion und Bauformen von Satellitentriebwerken zum Bahntransfer und zur Bahn- und Lageregelung, Bewegungs- und Lageregelungsdynamik, Missionsanalyse, Bauelemente von Satellitenantriebssystemen, Systemauslegung von Einstoff- und Zweistoffsystemen. • Nichtchemische Antriebe: <ul style="list-style-type: none"> ○ Elektrische Raumfahrtantriebe <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektrothermische Antriebe ▪ Elektromagnetische Antriebe ▪ Elektrostatische Antriebe ○ Nukleare Raumfahrtantriebe <ul style="list-style-type: none"> ▪ Isotopenantriebe ▪ Festkernreaktoren ▪ Flüssig- und Gaskernreaktoren ○ Solare Raumfahrtantriebe <ul style="list-style-type: none"> ▪ Solarthermische Antriebe ▪ Solarelektrische Antriebe ▪ Sonnensegel • Laserantriebe
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sutton, Biblarz, <i>Rocket Propulsion Elements</i>, Wiley • Ward, <i>Aerospace Propulsion Systems</i>, Wiley • Fortescue, Stark, Swinerd, <i>Spacecraft Systems Engineering</i>, Wiley • Sforza, <i>Theory of Aerospace Propulsion</i>, Elsevier • Skripten der Dozenten
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	peter.schiebener@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Projektmodul
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Independent Study
<i>Fachgruppe</i>	
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.7
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Siebold
<i>weitere Dozenten</i>	Kollegen der FK03, Dipl.-Ing. Christian Boenisch
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Projektarbeit
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium / Eigenstudium: 10 Std. / 170 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Grundlagen der Ingenieurwissenschaften
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	Die Studierenden können Projekte durchführen, an denen auch Mitglieder aus anderen Fachbereichen beteiligt sind. Sie sind in der Lage, die Arbeit im Team zu koordinieren und die Methoden des Systems Engineering praktisch anzuwenden.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Projektdurchführung nach gängigen Luft- und Raumfahrt Systems Engineering Verfahren • Erstellung von Pflichtenheften, Checklisten und Testplänen • Erstellung von sicherheitsrelevanten Prozeduren für die Missionsdurchführung • Missionsdurchführung • Erstellung von Teamkommunikationsprozessen • Erstellung von Dokumentationen und Public Relations Methoden
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities • NASA Systems Engineering Handbook NASA/SP-2007-61
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	karl-heinz.siebold@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 2016

Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik

<i>Modulbezeichnung</i>	Masterarbeit
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Master's Thesis
<i>Fachgruppe</i>	
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 3
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Johannes Wanderinger
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Zuordnung zum Curriculum</i>	Pflichtmodul im Masterstudiengang LRM
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Selbstständige wissenschaftliche Arbeit
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	900 h für Bearbeitung der Aufgabenstellung einschließlich Dokumentation und Präsentation
<i>Kreditpunkte</i>	30 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	Mit der Masterarbeit wird die Befähigung zu selbstständiger wissenschaftlicher Arbeit nachgewiesen. Dabei werden die in den anderen Modulen erworbenen Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen eingesetzt und vertieft.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige Bearbeitung einer anspruchsvollen fachbezogenen Aufgabe mit wissenschaftlichen Methoden • Planung und Durchführung der Teilaufgaben • Kritische Bewertung der Ergebnisse • Dokumentation und Präsentation
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Siehe Studienplan Masterstudiengang LRM
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	Das Auffinden der für das Arbeitsthema relevanten Fachliteratur und die Recherche des Stands von Forschung und Technik ist Teil der Aufgabenstellung.
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	johannes.wanderinger@hm.edu
<i>Internet</i>	
<i>Stand</i>	25. 08. 16