



Modulhandbuch

**Masterstudiengang Luft- und Raumfahrttechnik
(Aerospace Engineering)
LRM**

Stand: 29.10.2020

Gültig im Wintersemester 2020/21

Im Wintersemester 2020/21 sind von der SPO abweichende Prüfungsformen zulässig.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis2

1. Studienziele3

2. Modulübersicht.....5

3. Studienablauf.....6

 Vollzeitstudium, Start im Sommersemester (Beispiel).....6

 Vollzeitstudium, Start im Wintersemester (Beispiel).....7

 Teilzeitstudium, Start im Sommersemester (Beispiel)8

 Teilzeitstudium, Start im Wintersemester (Beispiel)9

4. Erforderliche Qualifikationen10

5. Beschreibung der Pflichtmodule.....11

 TBM 1.1a Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik11

 TBM 1.2a Management von Unternehmen, Projekten und Wissen13

 LRM 1.3 Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt.....15

 LRM 1.4 Flugdynamik17

 LRM 1.5 Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen19

 LRM 3 Masterarbeit.....21

6. Beschreibung der Wahlpflichtmodule22

 LRM 2.1 Aeroelastik.....22

 LRM 2.2 Luftfahrtantriebe24

 LRM 2.3 Flugbetriebsmanagement26

 LRM 2.4 Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken.....28

 LRM 2.5 Höhere Aerodynamik29

 LRM 2.6 Antriebssysteme für Raumfahrzeuge31

 LRM 2.7 Raumfahrtsystementwurf33

 MBM 2.8 Projektarbeit.....35

 TBM 2.4 Strukturdynamik.....37

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 und Grundlagen der Numerik,
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 und der dabei verwendeten numerischen Methoden
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,
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.

Die Studierenden sind in der Lage, die gängigen numerischen Verfahren zur Lösung von Problemen aus dem Gebiet der Luft- und Raumfahrttechnik sicher anzuwenden und die Ergebnisse zu interpretieren. Die Grundlagen der numerischen Verfahren werden in allgemeiner Form im Pflichtmodule „Höhere Mathematik“ vermittelt. Die sichere Anwendung spezieller numerischer Verfahren wird in den Pflichtmodulen „Flugdynamik“ und „Raumfahrtmechanik“ sowie in den Wahlpflichtmodulen „Aeroelastik“, „Luftfahrtantriebe“, „Höhere Aerodynamik“ sowie „Strukturmechanik“ eingeübt.

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

Entsprechend dem Leitbild der Hochschule München werden Verantwortungsbewusstsein gegenüber Umwelt und Gesellschaft, Integrität, Berufsethos und Engagement gestärkt, indem sie vorgelebt werden.

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 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik	Advanced Mathematics	SoSe und WiSe
TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen	Management of Enterprises, Projects and Knowledge	SoSe und WiSe
LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt	Aerospace Systems Engineering	SoSe
LRM 1.4	Flugdynamik	Flight Dynamics	WiSe
LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen	Space Flight Dynamics and Space Environment	SoSe
LRM 2	Wahlpflichtmodule	Elective Modules	
LRM 2.1	Aeroelastik	Aeroelasticity	WiSe
LRM 2.2	Luftfahrtantriebe	Aeronautical Propulsion Systems	SoSe
LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement	Aircraft Operations and Airline Management	SoSe
LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken	Aircraft and Propulsion Systems Testing and Certification	WiSe
LRM 2.5	Höhere Aerodynamik	Advanced Aerodynamics	WiSe
LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge	Space Launch and Satellite Propulsion Systems	WiSe
LRM 2.7	Raumfahrtsystementwurf	Spacecraft System Design	WiSe
MBM 2.8	Projektarbeit	Independent Study	SoSe und WiSe
TBM 2.4	Strukturdynamik	Structural Dynamics	SoSe
LRM 3	Masterarbeit	Master's Thesis	

Alle Module sind in Kapitel 5 und 6 dieses Dokuments beschrieben.

3. Studienablauf

Vollzeitstudium, Start im Sommersemester (Beispiel)

1. Semester (SoSe)	TBM 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik
	TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrttechnik
	<i>Ein weiteres Modul aus</i>	
	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹
	TBM 2.4	Strukturdynamik Freier Wahlmodul ²
2. Semester (WiSe)	LRM 1.4	Flugdynamik
	<i>Vier weitere Module aus</i>	
	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	Raumfahrtsystementwurf
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹ Freies Wahlmodul ²
3. Semester (SoSe)	LRM 3	Masterarbeit

¹ Das Modul Projektarbeit kann nur einmal gewählt werden.

² Das 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.

Vollzeitstudium, Start im Wintersemester (Beispiel)

1. Semester (WiSe)	TBM 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik
	LRM 1.4	Flugdynamik
2. Semester (SoSe)	Drei 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	Raumfahrtsystementwurf
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹
		Freies Wahlmodul ²
2. Semester (SoSe)	TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen
	<i>Zwei weitere Module aus</i>	
	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
2. Semester (SoSe)	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹
	TBM 2.4	Strukturdynamik
		Freies Wahlmodul ²
3. Semester (SoSe)	LRM 3	Masterarbeit

Teilzeitstudium, Start im Sommersemester (Beispiel)

1. Semester (SoSe)	TBM 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik
	TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
2. Semester (WiSe)	LRM 1.4	Flugdynamik
	<i>Ein weiteres Modul aus</i>	
	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	Raumfahrtsystementwurf
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹ Freies Wahlmodul ²
3. Semester (SoSe)	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen
4. Semester (WiSe)	<i>Zwei Module aus</i>	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Raumfahrtsystementwurf
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹ Freies Wahlmodul ²
5. Semester (SoSe)	<i>Zwei Module aus</i>	
	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	TBM 2.4	Strukturdynamik
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹ Freies Wahlmodul ²
6. Semester (WiSe)	LRM 3	Masterarbeit

Teilzeitstudium, Start im Wintersemester (Beispiel)

1. Semester (WiSe)	TBM 1.1a	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik
	TBM 1.2a	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
2. Semester (SoSe)	LRM 1.3	Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt
	LRM 1.5	Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen
3. Semester (WiSe)	LRM 1.4	Flugdynamik
	<i>Ein weiteres Modul aus</i>	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Raumfahrtsystementwurf
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹ Freies Wahlmodul ²
4. Semester (SoSe)	<i>Zwei Module aus</i>	
	LRM 2.2	Luftfahrtantriebe
	LRM 2.3	Flugbetriebsmanagement
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹
	TBM 2.4	Strukturdynamik Freies Wahlmodul ²
5. Semester (WiSe)	<i>Zwei Module aus</i>	
	LRM 2.1	Aeroelastik
	LRM 2.4	Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken
	LRM 2.6	Antriebssysteme für Raumfahrzeuge
	LRM 2.7	Raumfahrtsystementwurf
	MBM 2.8	Projektarbeit ¹ Freies Wahlmodul ²
6. Semester (SoSe)	LRM 3	Masterarbeit

4. Erforderliche Qualifikationen

Es wird davon ausgegangen, dass die Studierenden in ihrem grundständigen Bachelorstudium bereits folgende Qualifikationen erworben haben:

1. **Mathematik:** Die Studierenden beherrschen die Differenzial- und Integralrechnung von Funktionen mit einer und mehreren Veränderlichen. Sie sind vertraut mit der Differenzialgeometrie von Kurven. Sie beherrschen das Rechnen mit Matrizen und können mit linearen Gleichungssystemen und Eigenwertproblemen umgehen. Sie kennen die Eigenschaften gewöhnlicher Differenzialgleichungen und beherrschen analytische und numerische Methoden zu ihrer Lösung. Die Studierenden können sicher mit komplexen Zahlen rechnen.
2. **Technische Mechanik:** Die Studierenden beherrschen die Statik, Kinematik und Kinetik starrer Körper im dreidimensionalen Raum. Sie sind vertraut mit den Grundlagen der linearen Elastizitätstheorie. Sie können die Beanspruchung und die Verformung von Balken unter Biege- und Torsionsbelastung ermitteln und sind in der Lage, statisch unbestimmte Stab- und Balkensysteme zu berechnen. Sie verstehen Stabilitätsprobleme wie Knicken und Beulen. Die Studierenden kennen das Verhalten von schwingungsfähigen Systemen mit einem und mehreren Freiheitsgraden und können es berechnen. Sie sind in der Lage, Bewegungsgleichungen mithilfe des Lagrange-Formalismus aufzustellen.
3. **Strömungsmechanik:** Die Studierenden kennen die Methoden zur Beschreibung der Strömungskinetik sowie die Bilanzgleichungen der Strömungsmechanik. Sie sind mit den Grundlagen der Potentialtheorie vertraut.
4. **Thermodynamik:** Die Studierenden kennen den 1. und den 2. Hauptsatz und die Beschreibung von Fluiden durch die thermischen und die kalorischen Zustandsgleichungen. Sie sind vertraut mit einfachen Zustandsänderungen und können Kreisprozesse berechnen.
5. **Regelungstechnik:** Die Studierenden kennen die Grundlagen der Steuer- und Regelungstechnik. Sie können dynamische Systeme durch Differenzialgleichungen beschreiben. Sie kennen den Prozess der Linearisierung und können lineare Differenzialgleichungen mithilfe der Laplace-Transformation lösen.
6. Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab oder GNU Octave.

Bei einem Bachelorabschluss in Luft- und Raumfahrttechnik, Maschinenbau, Fahrzeugtechnik oder einer verwandten technischen Fachrichtung wird davon ausgegangen, dass diese Qualifikationen erworben wurden. Bei einem Abschluss in einer naturwissenschaftlichen oder sonstigen Fachrichtung muss der Erwerb dieser Qualifikationen anhand des Modulhandbuchs nachgewiesen werden.

5. Beschreibung der Pflichtmodule

TBM 1.1a Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik

<i>Modulbezeichnung</i>	Höhere Mathematik und Grundlagen der Numerik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Advanced Mathematics and Basics of Numerical Analysis
<i>Fachgruppe</i>	Mathematik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 1.1a
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. Michael Wibmer
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul für TBM, FAM, FEM, LRM, MBM (WiSe/SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 6 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 65 Std./145 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	7 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Mathematik des Bachelors (z.B. Ingenieurmathematik I,II)
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Schärfung analytischer Denkweisen • Erwerb fortgeschrittener Kenntnisse von mathematischen Begriffen und Methoden, welche für die Behandlung von wissenschaftlichen und fortgeschrittenen Anwendungen aus den Themen der Masterstudiengänge notwendig sind. • Die Studierenden erlangen die Fähigkeiten um ausgewählte physikalisch-technischer Vorgänge zu modellieren und können mathematischer Methoden zur Diskussion der Eigenschaften dieser Modelle anwenden. • Verständnis der Grundlagen numerische Begriffe und Methoden und Fähigkeit zur Anwendung numerischer Methoden auf Anwendungsbeispiele • Die Studierenden erarbeiten sich die Fähigkeit, technische Zusammenhänge in mathematischer Sprache zu formulieren und deren Resultate kritisch zu beurteilen • Die Studierenden lernen die grundlegenden Kenntnisse aus dem Bereich Numerischer Mathematik um die Ergebnisse von numerischen Lösungsverfahren kritisch zu beurteilen zu können (z.Bsp. die Resultate von kommerziellen Softwarepaketen zur numerischen Lösung mechanischer Probleme)
<i>Inhalt</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lineare und nichtlineare Systeme von gewöhnliche Differenzialgleichungen (Lösungsschema, Eigenwerttheorie, Stabilität, Linearisierung dynamischer Systeme). 2. Rand- und Eigenwertaufgaben. 3. Fourierreihen und Fouriertransformation (Eigenschaften, Anwendungen, Beispiele, Gibb'sches Phänomen, Abtasttheorem von Shannon). 4. Laplacetransformation (Eigenstudium).

	<ol style="list-style-type: none"> 5. Integralsätze (z.B. Sätze von Gauß, Green und Stokes) 6. Partielle Differenzialgleichung (Struktur Charakteristiken, Typen: elliptische, hyperbolische, parabolische, Lösungsverfahren) 7. Grundlagen der numerischen Mathematik 8. Einführung in statistische Methoden
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen (Abweichungen im WiSe 2020/21 möglich, nähere Informationen über die Homepage)
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Arendt, Urban, Partielle Differenzialgleichungen, Springer Spektrum (2010); • Graf Finck von Finckenstein, Lehn, Schnellhaas, Wegmann, Arbeitsbuch Mathematik für Ingenieure, Band II: Differentialgleichungen, Funktionentheorie, Numerik und Statistik, Teubner (2006) • Bärwolff, Numerik für Ingenieure, Physiker und Informatiker, Springer Spektrum (2015); • Munz, Westermann, Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, Springer Verlag 3. Aufl. (2012); • Burg, Haf, Wille, Partielle Differentialgleichungen (2004); • Quarteroni, Sacco, Saleri, Numerische Mathematik 1 und 2, Springer Verlag • Scholz, Numerik Interaktiv, Springer Spektrum (2016) • Meyberg, Vachenauer, Höhere Mathematik 1 und 2, Springer Verlag, 6. Aufl. (2003) und 4. Aufl. (2005) • Skripte zu den Bachelorvorlesungen „Ingenieurmathematik I und II“;
<i>Kommentar</i>	Es wird empfohlen, die Vorlesung „Numerische Methoden“ begleitend zu besuchen
<i>E-Mail</i>	michael.wibmer@hm.edu
<i>Verwendete Software</i>	MATLAB, OpenSource Plattformen

TBM 1.2a Management von Unternehmen, Projekten und Wissen

<i>Modulbezeichnung</i>	Management von Unternehmen, Projekten und Wissen
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Management of Business, Projects and Knowledge
<i>Fachgruppe</i>	BWL
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 1.2a
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. Julia Eiche
<i>Weitere Dozenten</i>	Dr. Barbara Fischer, LbA
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul TBM, FAM, FEM, LRM, MBM (WiSe/SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	SU: 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std./105 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	5 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Grundlagen Betriebswirtschaftslehre
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<p>Die Studierenden erhalten Einblick in die Dimensionen erfolgreicher Unternehmensführung, lernen Methoden strategischer Unternehmensführung kennen sowie die Herausforderungen des Führens internationaler und interkultureller Teams. Die Studierenden lösen Fallstudien, erarbeiten und verfolgen einschlägige Markt- und Unternehmensentwicklungen. Sie erhalten Einblick in konkrete Herausforderungen in der Führung eines Unternehmens im Rahmen eines komplexen, computergestützten Planspiels.</p> <p>Die Studierenden erlernen die Methoden erfolgreichen Projektmanagements. Sie erhalten Einblick in die Bedeutung und die Herausforderungen von Wissensmanagements in modernen Unternehmen (wie z.B. neue Potenziale durch wissensbasierte Systeme).</p>
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Unternehmensführung (Grundlagen, Instrumente strategisches Management, internationales Management, Kostenmanagement & Controlling, Personalführung, innovative Geschäftsmodelle etc.) - Projektmanagement (Methoden, Instrumente und Ebenen des Projektmanagements; Projektphasen, klassischer und agiler Ansatz) - Wissensmanagement (Methoden, Instrumente und Ebenen des Wissensmanagements) - Planspiel Unternehmensführung: In der Rolle der Geschäftsführung treffen die Teilnehmer strategische und operative Entscheidungen in verschiedenen Unternehmensbereichen. - Branchenrelevante Praxisbeispiele und aktuelle Entwicklungen (wie z.B. Digitalisierung der Industrie)
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle (Abweichungen im WiSe 2020/21 möglich, nähere Informationen über die Homepage)
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	julia.eiche@hm.edu

LRM 1.3 Systems Engineering in der Luft- und Raumfahrt

<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. Claudio Zuccaro
<i>weitere Dozenten</i>	Dipl.-Ing. Christian Boenisch
<i>Sprache</i>	Deutsch/Englisch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul LRM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 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 Lebenszyklus von Systemen • Requirements Engineering und Stakeholder Management • Model-Based Systems Engineering

	<ul style="list-style-type: none"> • 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>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<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>E-Mail</i>	claudio.zuccaro@hm.edu

LRM 1.4 Flugdynamik

<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>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul LRM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Mathematik, Regelungstechnik, Flugzeugs subsysteme, Flugmechanik, Aerodynamik, Flugregelung, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<p>Fachliche Kompetenzen</p> <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. <p>Überfachliche Kompetenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selbstständige Erarbeitung von Aufgabenstellungen • Selbstständiger Einarbeitung in neue Themen • Präsentation eigener Ergebnisse • Arbeiten im Team • Verantwortungsvolles Arbeiten bei sicherheitskritischen Fragestellungen
<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

	<ul style="list-style-type: none"> • Mensch-Maschine Schnittstelle • Simulations- und Flugerprobung • Nachweisführung
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Brockhaus, Alles, Luckner, <i>Flugregelung</i>, Springer 2011 • 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>E-Mail</i>	alexander.knoll@hm.edu

LRM 1.5 Raumfahrtmechanik und Weltraumbedingungen

<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>	Prof. Dr.-Ing. Markus Pietras
<i>Sprache</i>	Englisch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul LRM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 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 können Weltraummissionen bezüglich der Bahnmechanik, Lageregelung und sonstigen Missionsparametern im Rahmen der physikalischen Umweltbedingungen planen, numerisch simulieren und analysieren. • Sie sind in der Lage, numerische Methoden im multi-dimensionalen Bereich der Satellitensimulation herzuleiten und anzuwenden. • Sie verstehen physikalische und umwelttechnische Rahmenbedingungen wie Thermalhaushalt, Kommunikation, Weltraummüll und erdnahe Weltraum.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Klassische Bahnmechanik nach Kepler • Einflüsse von Störungen, wie Gravitationsmodelle, atmosphärischer Widerstand, Solardruck etc. • Lageparametrisierung und Dynamik • Bahnmanöver, erdnahe und interplanetar • Thermale Belastungen und Strahlungsbelastungen • Mikrometeoriten und Space Debris • Missionsplanung und Mission Operationsphasen • Numerische Analyse, numerische Integration von Zustandsgleichungen • Simulation
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Brown, Charles D., <i>Elements of Spacecraft Design</i>, AIAA Education Series • Pisacane, Vincent L., <i>Fundamentals of Space Systems</i>, Oxford University Press
<i>E-Mail</i>	karl-heinz.siebold@hm.edu

LRM 3 Masterarbeit

<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 Wandler
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Deutsch/Englisch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Pflichtmodul LRM (WiSe/SoSe)
<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>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<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>E-Mail</i>	johannes.wandler@hm.edu

6. Beschreibung der Wahlpflichtmodule

LRM 2.1 Aeroelastik

<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>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlmodulpflichtmodul LRM, TBM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 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 beherrschen die Skeletttheorie zur Berechnung der Druckverteilung von Profilen. Sie können das numerische Verfahren der diskreten Wirbel sicher anwenden. • Die Studierenden verstehen das Wirbelgitterverfahren zur Berechnung der Druckverteilung von Auftriebsflächen und können es sicher anwenden. • 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: vertiefte Behandlung des Wirbelgitterverfahrens, Grundlagen von Doublet-Lattice-Methode und 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>Die überwiegend heuristischen numerischen Verfahren werden anhand der zugrundeliegenden Modellvorstellungen erklärt. Auf diese Weise werden auch die Grenzen der Anwendbarkeit deutlich. Besonderer Wert wird auf die Kontrolle der Qualität der Ergebnisse gelegt.</p> <p>Übungsaufgaben und die Studienarbeit werden mit dem selbst entwickelten, auf GNU/Octave basierenden Programmbaukasten Mefisto durchgeführt.</p>
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<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>, Kluwer 1995 • Fung, <i>An Introduction to the Theory of Aeroelasticity</i>, Dover 1993 • Bisplinghoff, Ashley, Halfman, <i>Aeroelasticity</i>, Dover 1996 • Försting, <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 • Karamcheti, <i>Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics</i>, Krieger 1980 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>E-Mail</i>	johannes.wandinger@hm.edu

LRM 2.2 Luftfahrtantriebe

<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>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul LRM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Thermodynamik, Wärmeübertragung, Strömungslehre, Strukturmechanik, Flugantriebe (Bachelor), Grundkenntnisse in der Programmierung
<i>Lernziele (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 Gesamttriebwerkssystem innerhalb eines Entwicklungsteams auszulegen. • Die Studierenden verstehen die steigenden Anforderungen an die Umweltverträglichkeit moderner Triebwerkssysteme (Verbrauch, Abgase, Lärm) und berücksichtigen sie bei der Auslegung.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung und Optimierung des Gesamtkreisprozesses von Zweistromtriebwerken in verschiedenen Anwendungen • Analyse der Triebwerks-Komponenten mittels gasdynamischer Beschreibung • Detailauslegung der Triebwerkskomponenten (Schaufelprofile, Drallerzeuger, Belochung, Einlauf- und Düsenkontur) mittels höherwertiger Verfahren (CFD, FEM) • Auslegung eines Gesamttriebwerks innerhalb einer Projektgruppe

	Die Arbeiten werden mit mehreren in der Vorlesung selbst programmierten VBA-Tool sowie ANSYS und CATIA durchgeführt. Der Schwerpunkt bei den numerischen Verfahren liegt auf ihrer korrekten und sicheren Anwendung.
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • W. Bräunling, <i>Flugzeugtriebwerke</i>, Springer, 2004. • Rick, H, <i>Gasturbinen und Flugantriebe</i>, Springer, 2013 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>E-Mail</i>	bjoern.kniesner@hm.edu

LRM 2.3 Flugbetriebsmanagement

<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>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul LRM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Flugmechanik, Flugleistungsberechnung und Grundlagen der Betriebswirtschaft
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<p>Fachliche Kompetenzen</p> <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. <p>Überfachliche Kompetenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verständnis des Zusammenhangs von Sicherheit, Ökonomie und Ökologie • Betriebswirtschaftliche Unternehmensführung
<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 Besonderheiten (z.B. Passagier-, Charter-, Fracht- und Geschäftsreiseverkehr) • 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>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<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>E-Mail</i>	alexander.knoll@hm.edu

LRM 2.4 Versuch und Zulassung von Flugzeugen und Triebwerken

<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>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul LRM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 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>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • W. Bräunling, <i>Flugzeugtriebwerke</i>, Springer, 2004. • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>E-Mail</i>	bjorn.kniesner@hm.edu

LRM 2.5 Höhere Aerodynamik

<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>	Dr.-Ing. Andreas Winkler
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul LRM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45h - Eigenstudium: 135h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Differenzial- und Integralrechnung, Aerodynamik, Fluidmechanik, Thermodynamik
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 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, anspruchsvolle Aufgabenstellungen aus dem Gebiet der Aerodynamik zu analysieren und mit angemessenen Methoden zu berechnen. • Die Studierenden verstehen die gängigen numerischen Verfahren und können sie sicher und korrekt anwenden. • Die Studierenden kennen die Bedeutung der Aerodynamik für die Wirtschaftlichkeit, den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastung.
<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>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<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

	<ul style="list-style-type: none">• 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
<i>E-Mail</i>	peter.hakenesch@hm.edu

LRM 2.6 Antriebssysteme für Raumfahrzeuge

<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>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul LRM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 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

	<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>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<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>E-Mail</i>	peter.schiebener@hm.edu

LRM 2.7 Raumfahrtsystementwurf

<i>Modulbezeichnung</i>	Raumfahrtsystementwurf
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Spacecraft System Design
<i>Fachgruppe</i>	Konstruktion
<i>Lfd. Nr.</i>	LRM 2.7
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Markus Pietras
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul LRM (WiSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45 h - Eigenstudium: 135 h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Technische Mechanik, Thermodynamik, Konstruktion
<i>Lernziele (Fertigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können Missionsziele analysieren und entsprechende Raumfahrtsysteme auslegen und entwerfen. • Die Studierenden verstehen Auslegungsmethodik und Designprozesse von Raumfahrtsystemen und deren Subsystemen. • Sie kennen die Funktionen und Charakteristiken verschiedenerer Subsysteme sowie technologische Designalternativen. • Sie sind in der Lage, Systemanforderungen zu Formulieren und daraus Anforderungsspezifikationen für einzelne Baugruppen abzuleiten. • Sie verstehen die Methodik zur Verifikation von Anforderungen und kennen grundlegende Testprozesse für Funktions- und Qualifikationstests, Umweltkompatibilitätstest und Modellverifizierungen auf verschiedenen Systemebenen. • Sie können mit den in der Raumfahrttechnik üblichen Standards (z.B. ECSS und NASA-STD) umgehen.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Projektphasen und Meilensteine in Raumfahrtsystementwicklungen. • Raumfahrtsysteme und deren Subsystems • Systemdesign und Designprozesse. • Missionsanalyse und Systemauslegung. • Konstruktive Gestaltung von Strukturen, Mechanismen sowie Methoden zur Thermalkontrolle. • Ableitung und Analyse von Lasten auf System- und Subsystemebene. • Methoden der Anforderungsverifikation • Test und Analysemethoden zur Qualifikation von Raumfahrtsystemen

<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Wertz et al. "Space Mission Engineering" • Thomas P. Sarafin "Spacecraft Structures and Mechanisms from Concept to Launch" • P. Fortescue et al. "Spacecraft Systems Engineering" • V.L. Pisacane, R.C.Moore (eds.) "Fundamentals of Space Systems" • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>E-Mail</i>	markus.pietras@hm.edu

MBM 2.8 Projektarbeit

<i>Modulbezeichnung</i>	Projektarbeit
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Independent Study
<i>Fachgruppe</i>	alle
<i>Lfd. Nr.</i>	MBM 2.8
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr. Frank Palme
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlpflichtmodul MBM, FAM, LRM, FEM, TBM (WiSe/SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Selbstständige Arbeit
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium/Eigenstudium: 45 Std. / 135 Std.
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Empfohlene Voraussetzungen</i>	Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen des Bachelorstudiums
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<p>Die Projektarbeit vermittelt die für das Arbeiten in Projektteams erforderlichen fachübergreifenden Qualifikationen. An konkreten Aufgabenstellungen werden die Projekterfahrungen im Hinblick auf Verantwortlichkeit, Lösungs- und Entscheidungsfindung vertieft. Ingenieurwissenschaftliche Problemstellungen können so über Methoden der Projektorganisation selbständig in analytische Wirkketten, Simulationsmodelle, Konstruktionen, Abläufe oder Aufbauten übertragen und anhand von Simulationen/Verifikationen/Versuchsergebnissen validiert werden. Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • haben Kenntnisse über den Ablauf und die Methoden zur Planung, Steuerung und Validierung von Projekten • üben interdisziplinäre Teamfähigkeit, Systemdenken und soziale Kompetenz • erfahren, erkennen und steuern gruppenspezifische Prozesse • sind in der Lage, eine Aufgabenstellung in kleinen Gruppen selbständig zu analysieren, zu strukturieren sowie praxistauglich in Arbeitspaketen zu lösen • entwickeln die Kompetenz, Verantwortung und Initiative im Team zu übernehmen und andere zu motivieren • sind auf diese Weise in der Lage, Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen in Teamarbeit selbständig zu erarbeiten • erkennen dabei mögliche Problemsituationen (z.B. mangelnde Abstimmung, Verzögerungen) und entwickeln passende Lösungsstrategien • sind in der Lage, das Erarbeitete zu dokumentieren und anderen zu präsentieren.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Projektziele, Festlegung der Anforderungen, Erstellung von Teamkommunikationsstrukturen • Strukturierung der Projektinhalte unter technischen, kausalen und zeitlichen Aspekten • Einrichten von Arbeitspaketen und Festlegen von Verantwortlichkeiten unter den Teammitgliedern

	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung des Projektplans (Teilaufgaben, Arbeitspakete, Zeitplan, Meilensteine, etc.) • Beschaffung und Auswertung von Informationen (z.B. Recherche zu benötigten Projektdaten, Stand der Technik) • Erarbeitung, Bewertung, Auswahl und Realisierung von Lösungen (z.B. Anfertigen von Konstruktionen, Simulationen, Erstellen von Aufbauten, Durchführen von Versuchen bzw. Missionen) • Erstellen eines Abschlussberichts zur Dokumentation von Konzeption, Ausführung und Ergebnissen mit Präsentation
<i>Leistungsnachweis</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Zugelassene Hilfsmittel</i>	Alle eigenen (Abweichungen im WiSe 2020/21 möglich, nähere Informationen über die Homepage)
<i>Literaturhinweise/Skripte</i>	<p>Hering, E.: Projektmanagement für Ingenieure. Springer, Wiesbaden (2014)</p> <p>Kunow, A.: Projektmanagement und Technisches Coaching. Hüthig (2005)</p> <p>International Council on Systems Engineering (INCOSE): Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities. Wiley, Hoboken (2015)</p>

TBM 2.4 Strukturdynamik

<i>Modulbezeichnung</i>	Strukturdynamik
<i>engl. Modulbezeichnung</i>	Structural Dynamics
<i>Fachgruppe</i>	Mechanik
<i>Lfd. Nr.</i>	TBM 2.4
<i>Modulverantwortlicher</i>	Prof. Dr.-Ing. Johannes Wandler
<i>weitere Dozenten</i>	
<i>Sprache</i>	Deutsch
<i>Zuordnung zum Curriculum (Turnus)</i>	Wahlmodulpflichtmodul TBM, MBM, LRM (SoSe)
<i>Art der Lehrveranstaltung, SWS</i>	Seminaristischer Unterricht, 4 SWS
<i>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</i>	Präsenzstudium: 45h - Eigenstudium: 135h
<i>Kreditpunkte</i>	6 ECTS
<i>Vorausgesetzte Kenntnisse</i>	Mathematik, Technische Mechanik, FEM für statische Analysen linear-elastischer Strukturen, Grundkenntnisse in der Programmierung mit Matlab oder GNU/Octave
<i>Lernziele (Fähigkeiten und Kompetenzen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden verstehen das Schwingungsverhalten linear-elastischer Strukturen und den Einfluss der verschiedenen Systemparameter. Sie können Eigenschwingungen numerisch berechnen, die Ergebnisse korrekt interpretieren und die Qualität der Ergebnisse bewerten. Die Studierenden kennen die Methoden zur Beschreibung von zufallserregten Schwingungen. Sie können Zeitreihen mit Hilfe von Matlab/Octave auswerten und die Ergebnisse korrekt interpretieren. Die Studierenden können die klassischen Methoden zur numerischen Berechnung von Übertragungsfunktionen sicher anwenden, die Ergebnisse korrekt interpretieren sowie die Fehlereinflüsse abschätzen. Die Studierenden kennen den Einfluss von Vibrationen auf Komfort, Arbeitssicherheit und Lärmemissionen.
<i>Inhalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> Klassifikation von dynamischen Lasten Impulsantwort, Fourier-Transformation und Übertragungsfunktionen Stochastische Prozesse, Leistungs- und Kreuzleistungsdichtespektren Numerische Zeitreihenanalyse mit GNU/Octave Schwingungseigenschaften kontinuierlicher Systeme und ihre Approximation durch diskrete Modelle Klassische Berechnungsverfahren der Strukturdynamik: Modalanalyse, Frequenzganganalyse, Transiente Analyse Erweiterte modale Reduktion: Fehleranalyse, modale statische Dehnungsenergien, modale effektive Massen Teilstrukturen: statische Reduktion und Craig-Bampton-Methode Modellbewertung

	<ul style="list-style-type: none"> • Dämpfungsmodelle: viskose Dämpfung, Strukturdämpfung, Rayleigh-Dämpfung, Näherungscharakter der Dämpfungsmodelle <p>Übungsaufgaben und die Studienarbeit werden mit dem selbst entwickelten, auf GNU/Octave basierenden Programmbaukasten Mefisto durchgeführt.</p>
<i>Prüfung (Form, Dauer, evtl. Zulassungsvoraussetzung)</i>	Prüfung gemäß Studien- und Prüfungsordnung sowie Studienplan
<i>Literaturhinweise/Skripten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Knaebel, Jäger, Mastel, <i>Technische Schwingungslehre</i>, Springer 2009 • Föllinger, <i>Laplace-, Fourier- und z-Transformation</i>, VDE-Verlag 2011 • Clough, Penzien, <i>Dynamics of Structures</i>, Computers & Structures 2003 • Gasch, Knothe, Liebich, <i>Strukturmechanik</i>, Springer 2012 • Freymann, <i>Strukturmechanik – Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch</i>, Springer 2011 • Craig, Kurdila, <i>Fundamentals of Structural Dynamics</i>, Wiley 2006 • Craig, <i>Structural Dynamics – An Introduction to Computer Methods</i>, Wiley 1981 • Wang, Wang, <i>Structural Vibration: Exact Solutions for Strings, Membranes, Beams, and Plates</i>, CRC Press 2013 • Adhikari, <i>Structural Dynamic Analysis with Generalized Damping Models: Analysis</i>, John Wiley & Sons 2013 • Bathe, <i>Finite Element Procedures</i>, Prentice Hall 1996 • Bendat, Piersol, <i>Random Data: Analysis and Measurement Procedures</i>, Wiley 2010 • Brandt, <i>Noise and Vibration Analysis: Signal Analysis and Experimental Procedures</i>, Wiley 2011 • Natke, <i>Einführung in Theorie und Praxis der Zeitreihen und Modalanalyse</i>, Vieweg 1992 • Saad, <i>Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems</i>, SIAM 2011 • Wilkinson, <i>The Algebraic Eigenvalue Problem</i>, Oxford 1988 • Eigene Lehrmaterialien zum Download
<i>Kommentar</i>	
<i>E-Mail</i>	johannes.wandinger@hm.edu