TUHH
Technische
Universität
Hamburg

Modulhandbuch

Master of Science (M.Sc.)

Mechatronics

Kohorte: Wintersemester 2023

Stand: 24. April 2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2
Studiengangsbeschreibung 4
Fachmodule der Kernqualifikation 5
Modul M0523: Betrieb & Management 5
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master 6
Modul M0563: Robotics 8
Modul M0808: Finite Elements Methods 10
Modul M0846: Control Systems Theory and Design 12
Modul M1222: Design and Implementation of Software Systems 14
Modul M0751: Technische Schwingungslehre 15
Modul M1223: Ausgewählte Themen der Mechatronik (Alternative A: 12 LP) 17
Modul M1224: Ausgewählte Themen der Mechatronik (Alternative B: 6 LP) 27
Modul M1281: Ausgewählte Themen der Schwingungslehre 37
Modul M0835: Humanoide Robotik 38
Modul M1269: Labor Cyber-Physical Systems 39
Modul M0838: Linear and Nonlinear System Identifikation 40
Modul M0939: Control Lab A 41
Modul M1229: Control Lab B 43
Modul M1306: Control Lab C 44
Modul M1203: Technische Dynamik: Numerische und experimentelle Methoden 46
Modul M0630: Robotics and Navigation in Medicine 48
Modul M1212: Technischer Ergänzungskurs für IMPMEC (laut FSPO) 50
Modul M1616: Flight Control Laws: Design and Application 51
Modul M1724: Smart Monitoring 53
Modul M0805: Technical Acoustics I (Acoustic Waves, Noise Protection, Psycho Acoustics) 55
Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems 57
Modul M1894: Automatisierungstechnik und -systeme 59
Modul M1702: Process Imaging 61
Modul M0692: Approximation und Stabilität 63
Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen 65
Modul M1772: Smart Sensors 67
Modul M1810: Autonomous Cyber-Physical Systems 69
Modul M0840: Optimal and Robust Control 71
Modul M0803: Embedded Systems 73
Modul M1143: Applied Design Methodology in Mechatronics 75
Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme 77
Modul M1302: Angewandte Humanoide Robotik 79
Modul M0627: Machine Learning and Data Mining 80
Modul M1156: Systems Engineering 82
Modul M1340: Einführung in Wellenleiter, Antennen und Elektromagnetische Verträglichkeit 84
Modul M0752: Nichtlineare Dynamik 86
Modul M1248: Compiler für Eingebettete Systeme 87
Modul M1211: Studienarbeit Mechatronics 89
Modul M0836: Communication Networks 90
Modul M1598: Bildverarbeitung 92
Modul M1048: Integrated Circuit Design 94
Modul M0677: Digital Signal Processing and Digital Filters 96
Modul M1552: Fortgeschrittenes maschinelles Lernen 98
Modul M1749: Energieeffizienz in eingebetteten Systemen 100
Modul M1596: Engineering Haptic Systems 102
Modul M0881: Mathematische Bildverarbeitung 104
Modul M0629: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics 106
Modul M1024: Methoden der Produktentwicklung 108
Modul M0746: Microsystem Engineering 110
Modul M1173: Applied Statistics 112
Modul M1204: Modellierung und Optimierung in der Dynamik 114
Modul M1305: Seminar Advanced Topics in Control 116
Modul M1268: Lineare und Nichtlineare Wellen 117
Modul M1398: Ausgewählte Themen der Mehrkörperdynamik und Robotik 118
Modul M1614: Optics for Engineers 120
Modul M1748: Baurobotik 122
Modul M0806: Technical Acoustics II (Room Acoustics, Computational Methods) 124
Modul M0603: Nichtlineare Strukturanalyse 126
Modul M0832: Advanced Topics in Control 128
Modul M0623: Intelligent Systems in Medicine 130
Modul M1919: Nachhaltiger Betrieb technischer Anlagen 132
Modul M0633: Industrial Process Automation 134
Modul M0720: Matrixalgorithmen 136
Ergänzungsmodule 138
Modul M0604: High-Order FEM 138
Modul M0605: Numerische Strukturdynamik 140

Modul M0673: Information Theory and Coding 142
Modul M1724: Smart Monitoring 145
Modul M0769: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren 147
Modul M0603: Nichtlineare Strukturanalyse 149
Modul M0781: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme 151
Thesis 154
Modul M-002: Masterarbeit 154

Studiengangsbeschreibung

Inhalt

Der konsekutive internationale Master-Studiengang „Mechatronics" bereitet Absolventen auf vielfältige Berufsbilder in der Mechatronik vor. Das Studium vertieft die ingenieurwissenschaftliche, mathematische und naturwissenschaftliche Bachelor-Ausbildung und vermittelt Kompetenzen zum systematischen, wissenschaftlichen und eigenständigen Lösen von verantwortungsvollen Aufgaben in Industrie und Forschung.

Inhaltlich abgedeckt werden berechnende, entwerfende und implementierende Methoden für mechatronische Systeme.

Die Studierenden spezialisieren sich in einer der zwei Vertiefungen und erwerben die Fähigkeit an den Schnittstellen der verbundenen Teildisziplinen zu arbeiten. Je nach individuellen Schwerpunkten können die Studierenden ihr Studium aufgrund des umfangreichen Angebots an Wahlpflichtfächern sehr flexibel anpassen und persönlich ausrichten.

Berufliche Perspektiven

Der konsekutive internationale Master-Studiengang „Mechatronics" bereitet Absolventen auf vielfältige Berufsbilder in der Mechatronik vor.

Die Absolventen können in diversen Themenfeldern, z.B. Systementwurf oder Intelligente Systeme und Robotik, arbeiten.

Außerdem besitzen sie vielfältiges Methoden- und Schnittstellenwissen, das sie zur disziplinübergreifenden Arbeit befähigt.

Die Absolventen können wissenschaftliche Tätigkeiten in Universitäten und Forschungsinstituten insbesondere mit dem Ziel der Promotion aufnehmen oder sich für den direkten Einstieg in die Industrie entscheiden. Hier können Sie Fachlaufbahnen einschlagen oder sich mit wachsender Berufserfahrung für anspruchsvolle Führungsaufgaben im technischen Bereich qualifizieren (z.B. Projekt-, Gruppen- oder Teamleiter, Entwicklungsleiter).

Der Studiengang ist universell gestaltet und erlaubt es den Absolventen, in unterschiedlichen Branchen an einer Vielzahl unterschiedlicher Projekte tätig zu werden.

Lernziele

Absolventen des Studiengangs sind in der Lage das individuell erworbene Fachwissen auf neue unbekannte Themenstellungen zu übertragen, komplexe Problemstellungen ihrer Disziplin wissenschaftlich zu erfassen, zu analysieren und zu lösen. Sie können fehlende Informationen selbstständig finden und dazu theoretische sowie experimentelle Untersuchungen planen und durchführen. Ingenieurwissenschaftliche Ergebnisse können sie beurteilen, evaluieren, kritisch hinterfragen sowie auf deren Basis Entscheidungen treffen und eigene weiterführende Schlussfolgerungen ziehen. Sie sind in der Lage methodisch vorzugehen, kleinere Projekte selbstständig zu organisieren und neue Technologien sowie wissenschaftliche Methoden auszuwählen und bei Bedarf weiterzuentwickeln.

Die Absolventen können sowohl selbstständig als auch in Teamarbeit neue Ideen und Lösungen entwickeln, dokumentieren sowie vor Fachpersonen präsentieren und vertreten. Eigene Stärken und Schwächen können sie einschätzen ebenso wie mögliche Konsequenzen ihres Handelns. Vor allem sind Sie befähigt sich selbstständig in komplexe Aufgaben einzuarbeiten, Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Mittel systematisch zur Umsetzung einzusetzen.

Die Absolventen erlernen schwierige konstruktive mechatronische Aufgabenstellungen systematisch und methodisch zu bearbeiten. Sie verfügen über breite Kenntnisse neuer Entwicklungsmethoden, in der Automation und Simulation. Absolventen können passende Lösungsstrategien auswählen und diese selbstständig zum Entwickeln neuer intelligenter Systeme einsetzen. Sie sind in der Lage, Vorgehensweisen der intergierten Systementwicklung wie Simulation oder moderne Test- und Prüfverfahren zu nutzen.

Studiengangsstruktur

Der Studiengang ist modular gestaltet und orientiert sich an der universitätsweiten standardisierten Studiengangsstruktur mit einheitlichen Modulgrößen (Vielfachen von sechs Leistungspunkten (LP)).

Der Studiengang kombiniert die Disziplinen des Maschinenbaus und der Elektrotechnik und erlaubt somit die Vertiefung in die interdisziplinären Schnittstellen des Systementwurfs und der Systemimplementierung.

Im ersten Semester sind alle Module Pflichtmodule. Dies erleichtert den internationalen Studierenden die Integration in die Universität, ihre Kohorte und die neue Umgebung.

Die Studierenden können danach aufgrund der weitreichenden Wahlfreiheit ihr Studium individualisieren.

In der gemeinsamen Kernqualifikation belegen die Studierenden folgende Module:

- Finite-Elemente-Methoden und Schwingungslehre (12 LP)
- Theorie und Entwurf regelungstechnischer Systeme und Entwurf und Implementierung von Software-Systemen (12 LP)
- Robotik (6 LP)
- Ergänzungskurse Betrieb und Management (Katalog) (6 LP)
- Ergänzungskurse Nichttechnische Fächer (Katalog) (6 LP)

Die Studierenden spezialisieren sich durch die Wahl von Vertiefungsmodulen im Umfang von 36 Leistungspunkten aus einem fachlichen Modulkatalog (Modulgröße je sechs Leistungspunkte) wählen. Alternativ kann ein offenes Modul im maximalen Umfang von zwölf Leistungspunkten belegt werden, in dem spezialisierte kleinere Lehrveranstaltungen individuell kombiniert werden können.

Neben der abschließenden Masterarbeit bearbeiten die Studierenden eine zusätzliche wissenschaftliche Studienarbeit.

- Studienarbeit (12 LP)
- Masterarbeit (30 LP)

Fachmodule der Kernqualifikation

Modul M0523: Betrieb & Management	
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Meyer
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz *Wissen*	• Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten. • Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären. • Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen.
Fertigkeiten	• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden. • Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen.
Personale Kompetenzen *Sozialkompetenz*	• Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten.
Selbstständigkeit	• Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	6

Lehrveranstaltungen
Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.

Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master

Modulverantwortlicher	Dagmar Richter
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	**Die Nichttechnischen Angebote (NTA)** vermittelt die in Hinblick auf das Ausbildungsprofil der TUHH nötigen Kompetenzen, die ingenieurwissenschaftliche Fachlehre fördern aber nicht abschließend behandeln kann: Eigenverantwortlichkeit, Selbstführung, Zusammenarbeit und fachliche wie personale Leitungsbefähigung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Er setzt diese Ausbildungsziele in seiner **Lehrarchitektur**, den **Lehr-Lern-Arrangements**, den **Lehrbereichen** und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für **spezifische Kompetenzen** und ein **Kompetenzniveau** auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst. **Die Lehrarchitektur** besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet. Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit. Das über den gesamten Studienverlauf begleitend studierbare Angebot kann ggf. in ein-zwei Semestern studiert werden. Angesichts der bekannten, individuellen Anpassungsprobleme beim Übergang von Schule zu Hochschule in den ersten Semestern und um individuell geplante Auslandsemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen. **Die Lehr-Lern-Arrangements** sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert. **Die Lehrbereiche** basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert. **Das Kompetenzniveau** der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende - Inhalten und im für M.Sc. stärker wissenschaftlich-theoretischen Abstraktionsniveau. Die Soft skills für Bachelor- und für Masterabsolventinnen/ Absolventen unterscheidet sich an Hand der im Berufsleben unterschiedlichen Positionen im Team und bei der Anleitung von Gruppen. **Fachkompetenz (Wissen)** Die Studierenden können • ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern, • in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren, • diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen, • in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen, • können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).
Fertigkeiten	Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen • grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden. • technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen. • einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich bearbeiten, • bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen.

Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden sind fähig , • in unterschiedlichem Ausmaß kooperativ zu lernen • eigene Aufgabenstellungen in den o.g. Bereichen in adressatengerechter Weise in einer Partner- oder Gruppensituation zu präsentieren und zu analysieren, • nichttechnische Fragestellungen einer Zuhörerschaft mit technischem Hintergrund verständlich darzustellen • sich landessprachlich kompetent, kulturell angemessen und geschlechtersensibel auszudrücken (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist)
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind in ausgewählten Bereichen in der Lage, • die eigene Profession und Professionalität im Kontext der lebensweltlichen Anwendungsgebiete zu reflektieren, • sich selbst und die eigenen Lernprozesse zu organisieren, • Fragestellungen vor einem breiten Bildungshorizont zu reflektieren und verantwortlich zu entscheiden, • sich in Bezug auf ein nichttechnisches Sachthema mündlich oder schriftlich kompetent auszudrücken. • sich als unternehmerisches Subjekt zu organisieren, (sofern dies ein gewählter Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	6

Lehrveranstaltungen
Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.

Modul M0563: Robotics

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Robotik: Modellierung und Regelung (L0168)	Integrierte Vorlesung	4	4
Robotik: Modellierung und Regelung (L1305)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2

Modulverantwortlicher	Dr. Martin Gomse
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Fundamentals of electrical engineering Broad knowledge of mechanics Fundamentals of control theory
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Students are able to describe fundamental properties of robots and solution approaches for multiple problems in robotics.
Fertigkeiten	Students are able to derive and solve equations of motion for various manipulators. Students can generate trajectories in various coordinate systems. Students can design linear and partially nonlinear controllers for robotic manipulators.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to work goal-oriented in small mixed groups.
Selbstständigkeit	Students are able to recognize and improve knowledge deficits independently. With instructor assistance, students are able to evaluate their own knowledge level and define a further course of study.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** Ja; **Bonus** Keiner; **Art der Studienleistung** Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung; **Beschreibung** Teilnahme an PBL-Einheiten sowie Erreichen des Gesamtziels und der jeweiligen Session-Ziele
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Kernqualifikation: Pflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0168: Robotics: Modelling and Control

Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	4
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
Dozenten	Dr. Martin Gomse
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Fundamental kinematics of rigid body systems Newton-Euler equations for manipulators Trajectory generation Linear and nonlinear control of robots
Literatur	Craig, John J.: Introduction to Robotics Mechanics and Control, Third Edition, Prentice Hall. ISBN 0201-54361-3 Spong, Mark W.; Hutchinson, Seth; Vidyasagar, M. : Robot Modeling and Control. WILEY. ISBN 0-471-64990-2

Lehrveranstaltung L1305: Robotics: Modelling and Control	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Martin Gomse
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0808: Finite Elements Methods

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Finite-Elemente-Methoden (L0291)	Vorlesung	2	3
Finite-Elemente-Methoden (L0804)	Hörsaalübung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Benedikt Kriegesmann
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Mechanics I (Statics, Mechanics of Materials) and Mechanics II (Hydrostatics, Kinematics, Dynamics) Mathematics I, II, III (in particular differential equations)
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students possess an in-depth knowledge regarding the derivation of the finite element method and are able to give an overview of the theoretical and methodical basis of the method.
Fertigkeiten	The students are capable to handle engineering problems by formulating suitable finite elements, assembling the corresponding system matrices, and solving the resulting system of equations.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students can work in small groups on specific problems to arrive at joint solutions.
Selbstständigkeit	The students are able to independently solve challenging computational problems and develop own finite element routines. Problems can be identified and the results are critically scrutinized.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Nein 20 % Midterm
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Pflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Pflicht Technomathematik: Vertiefung III. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht

Lehrveranstaltung L0291: Finite Element Methods	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Benedikt Kriegesmann
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- General overview on modern engineering - Displacement method - Hybrid formulation - Isoparametric elements - Numerical integration - Solving systems of equations (statics, dynamics) - Eigenvalue problems - Non-linear systems - Applications - Programming of elements (Matlab, hands-on sessions) - Applications
Literatur	Bathe, K.-J. (2000): Finite-Elemente-Methoden. Springer Verlag, Berlin

Lehrveranstaltung L0804: Finite Element Methods	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Benedikt Kriegesmann
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0846: Control Systems Theory and Design

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Theorie und Entwurf regelungstechnischer Systeme (L0656)	Vorlesung	2	4
Theorie und Entwurf regelungstechnischer Systeme (L0657)	Gruppenübung	2	2

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Introduction to Control Systems
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Students can explain how linear dynamic systems are represented as state space models; they can interpret the system response to initial states or external excitation as trajectories in state space • They can explain the system properties controllability and observability, and their relationship to state feedback and state estimation, respectively • They can explain the significance of a minimal realisation • They can explain observer-based state feedback and how it can be used to achieve tracking and disturbance rejection • They can extend all of the above to multi-input multi-output systems • They can explain the z-transform and its relationship with the Laplace Transform • They can explain state space models and transfer function models of discrete-time systems • They can explain the experimental identification of ARX models of dynamic systems, and how the identification problem can be solved by solving a normal equation • They can explain how a state space model can be constructed from a discrete-time impulse response
Fertigkeiten	• Students can transform transfer function models into state space models and vice versa • They can assess controllability and observability and construct minimal realisations • They can design LQG controllers for multivariable plants • They can carry out a controller design both in continuous-time and discrete-time domain, and decide which is appropriate for a given sampling rate • They can identify transfer function models and state space models of dynamic systems from experimental data • They can carry out all these tasks using standard software tools (Matlab Control Toolbox, System Identification Toolbox, Simulink)
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students can work in small groups on specific problems to arrive at joint solutions.
Selbstständigkeit	Students can obtain information from provided sources (lecture notes, software documentation, experiment guides) and use it when solving given problems. They can assess their knowledge in weekly on-line tests and thereby control their learning progress.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Pflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht

Lehrveranstaltung L0656: Control Systems Theory and Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	NN
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	State space methods (single-input single-output) • State space models and transfer functions, state feedback • Coordinate basis, similarity transformations • Solutions of state equations, matrix exponentials, Caley-Hamilton Theorem • Controllability and pole placement • State estimation, observability, Kalman decomposition • Observer-based state feedback control, reference tracking • Transmission zeros • Optimal pole placement, symmetric root locus Multi-input multi-output systems • Transfer function matrices, state space models of multivariable systems, Gilbert realization • Poles and zeros of multivariable systems, minimal realization • Closed-loop stability • Pole placement for multivariable systems, LQR design, Kalman filter Digital Control • Discrete-time systems: difference equations and z-transform • Discrete-time state space models, sampled data systems, poles and zeros • Frequency response of sampled data systems, choice of sampling rate System identification and model order reduction • Least squares estimation, ARX models, persistent excitation • Identification of state space models, subspace identification • Balanced realization and model order reduction Case study • Modelling and multivariable control of a process evaporator using Matlab and Simulink Software tools • Matlab/Simulink
Literatur	• Werner, H., Lecture Notes „Control Systems Theory and Design“ • T. Kailath "Linear Systems", Prentice Hall, 1980 • K.J. Astrom, B. Wittenmark "Computer Controlled Systems" Prentice Hall, 1997 • L. Ljung "System Identification - Theory for the User", Prentice Hall, 1999

Lehrveranstaltung L0657: Control Systems Theory and Design	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	NN
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1222: Design and Implementation of Software Systems

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Entwurf und Implementierung von Software-Systemen (L1657)	Vorlesung	2	3
Entwurf und Implementierung von Software-Systemen (L1658)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Bernd-Christian Renner
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	- Imperativ programming languages (C, Pascal, Fortran or similar) - Simple data types (integer, double, char, boolean), arrays, if-then-else, for, while, procedure and function calls
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Students are able to describe mechatronic systems and define requirements.
Fertigkeiten	Students are able to design and implement mechatronic systems. They are able to argue the combination of Hard- and Software and the interfaces.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to work goal-oriented in small mixed groups, learning and broadening teamwork abilities and define task within the team.
Selbstständigkeit	Students are able to solve individually exercises related to this lecture with instructional direction. Students are able to plan, execute and summarize a mechatronic experiment.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Nein 10 % Testate
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1657: Design and Implementation of Software Systems

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This course covers software design and implementation of mechatronic systems, tools for automation in Java. Content: • Introduction to software techniques • Procedural Programming • Object oriented software design • Java • Event based programming • Formal methods
Literatur	• “The Pragmatic Programmer: From Journeyman to Master”Andrew Hunt, David Thomas, Ward Cunningham • “Core LEGO MINDSTORMS Programming: Unleash the Power of the Java Platform” Brian Bagnall Prentice Hall PTR, 1st edition (March, 2002) ISBN 0130093645 • “Objects First with Java: A Practical Introduction using BlueJ” David J. Barnes & Michael Kölling Prentice Hall/ Pearson Education; 2003, ISBN 0-13-044929-6

Lehrveranstaltung L1658: Design and Implementation of Software Systems

Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0751: Technische Schwingungslehre

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Technische Schwingungslehre (L0701)	Integrierte Vorlesung	4	6

Modulverantwortlicher	Prof. Norbert Hoffmann
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Analysis • Lineare Algebra • Technische Mechanik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Die Studierenden können Begriffe und Zusammenhänge der Technischen Schwingungslehre wiedergeben und weiterentwickeln. • Die Studierenden kennen Methoden der Modellierung und Berechnung bei freien, fremderregten, selbsterregten und parametererregten Schwingungen. • Die Studierenden kennen Zusammenhänge bei linearen und nichtlinearen Schwingungsproblemen. • Die Studierenden kennen Grundproblematiken von Schwingungsproblemen bei diskreten und kontinuierlichen Systemen.
Fertigkeiten	• Studierende können allgemeine Methoden der Technischen Schwingungslehre benennen, anwenden und weiterentwickeln. • Studierende können Methoden der Modellierung und Berechnung bei freien, erzwungenen, selbsterregten und parametererregten Schwingungen anwenden und weiterentwickeln. • Studierende können lineare und nichtlineare Schwingungsprobleme bei diskreten und kontinuierlichen Systemen lösen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Studierende können auch in Arbeitsgruppen Schwingungsprobleme analysieren, bearbeiten, und zu Arbeitsergebnissen kommen. • Studierende können in Arbeitsgruppen Ergebnisse von Schwingungsuntersuchungen schriftlich dokumentieren.
Selbstständigkeit	• Studierende können eigenständig Schwingungsprobleme analysieren und bearbeiten. • Studierende können sich eigenständig Forschungsaufgaben der Technischen Schwingungslehre erschließen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	2 Stunden
Zuordnung zu folgenden Curricula	Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Pflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0701: Technische Schwingungslehre	
Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	4
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Norbert Hoffmann
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Lineare und Nichtlineare Ein- und Mehrfreiheitsgradschwingungen • Freie Schwingungen • Selbsterregte Schwingungen • Parametererregte Schwingungen • Erzwungene Schwingungen • Mehrfreiheitsgradschwingungen • Kontinuumsschwingungen • Irreguläre Schwingungen
Literatur	German - K. Magnus, K. Popp, W. Sextro: Schwingungen. Physikalische Grundlagen und mathematische Behandlung von Schwingungen. English - K. Magnus: Vibrations.

Modul M1223: Ausgewählte Themen der Mechatronik (Alternative A: 12 LP)

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Angewandte Automatisierung (L1592)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Aufbaukurs SE-ZERT (L2739)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
Entwicklungsmanagement Mechatronik (L1512)	Vorlesung	2	3
Ermüdung und Schadenstoleranz (L0310)	Vorlesung	2	3
Industrie 4.0 für Ingenieure (L2012)	Vorlesung	2	3
Mikrocontrollerschaltungen - Realisierung in Hard- und Software (L0087)	Seminar	2	2
Mikrosystemtechnologie (L0724)	Vorlesung	2	4
Model-Based Systems Engineering (MBSE) mit SysML/UML (L1551)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Nachhaltige industrielle Produktion (L2863)	Vorlesung	2	4
Prozessmesstechnik (L1077)	Vorlesung	2	3
Prozessmesstechnik (L1083)	Hörsaalübung	1	1
Regelungstechnische Methoden für die Medizintechnik (L0664)	Vorlesung	2	3

Modulverantwortlicher	Dr. Martin Gomse
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Die Studierenden können vertieftes Wissen und Zusammenhänge in Spezialbereichen sowie Anwendungsfelder der Mechatronik erklären. • Die Studierenden können unterschiedliche Spezialgebiete miteinander in Verbindung setzen.
Fertigkeiten	• Die Studierenden können in den ausgewählten Teilbereichen spezialisierte Lösungsstrategien und neue wissenschaftliche Methoden anwenden. • Die Studierenden können die erlernten Fähigkeiten selbstständig auf neue und unbekannte Fragestellungen übertragen und hier Lösungsansätze entwickeln.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Keine
Selbstständigkeit	• Studierende können durch eine eigenständige Wahl der geeigneten Fächer je nach Interessenlage selbstständig Kenntnisse und Fähigkeiten vertiefen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	12
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1592: Angewandte Automatisierung	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 Minuten
Dozenten	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	-Project Based Learning -Robot Operating System -Roboteraufbau- und Beschreibung -Bewegungsbeschreibung -Kalibrierung -Genauigkeit
Literatur	John J. Craig Introduction to Robotics - Mechanics and Control ISBN: 0131236296 Pearson Education, Inc., 2005 Stefan Hesse Grundlagen der Handhabungstechnik ISBN: 3446418725 München Hanser, 2010 K. Thulasiraman and M. N. S. Swamy Graphs: Theory and Algorithms ISBN: 9781118033104 %CITAVIPICKER£9781118033104£Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen£% John Wüey & Sons, Inc., 1992

Lehrveranstaltung L2739: Aufbaukurs SE-ZERT	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Dozenten	Prof. Ralf God
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Das SE-ZERT® Programm (vgl. https://www.sezert.de/de/anwaerter-de.html) ist eine Weiterbildung zum „Certified Systems Engineer (GfSE)®“. An der TUHH baut diese Weiterbildung auf der Vorlesung und Übung Systems Engineering auf. Es wurde von der GfSE e.V. zusammen mit dem TÜV Rheinland als Personenzertifikat entwickelt. Das Programm orientiert sich an der EN ISO/IEC 17024 zur Personenzertifizierung. Trainingsinhalte sind: - Grundlagen des Systems Engineering (inkl. Einführung) - Projektübergreifende Schnittstellen - Schnittstellen des Systems Engineering zu Projekt Management - Systems Engineering Management - Anforderungsmanagement und Validierung & Verifikation - Realisationsprozesse - Querschnittsfunktionen innerhalb von Entwicklungsprojekten - Berücksichtigung von operationellen Aspekten und der Stilllegung im Design - Konfliktmanagement und soziale Kompetenz Als Trainingsanbieter ist das TUHH-Institut für Flugzeug-Kabinensysteme korporatives Mitglied der GfSE und bereitet als akkreditierte Trainingsstelle die Studierenden optimal und unabhängig auf die Zertifizierung vor, die von einem Prüfungsausschuss der SE-ZERT® Assessorengruppe der GfSE e.V. auf SE Wissen geprüft werden. Somit soll und wird eine hohe Qualität dieser Weiterbildung sichergestellt. Mit einem SE-ZERT® Zertifikat sind Absolventen branchenübergreifend für Ihre Arbeit als Systems Engineer in der Industrie qualifiziert. Die Weiterbildung wird an der TUHH in deutscher, sonst aber vielfach auch in englischer Sprache weltweit angeboten. SE-ZERT® an der TUHH richtet sich an Studierende im Masterstudiengang. Das SE-ZERT® Programm unterscheidet vier Qualifikationsebenen, die aufeinander aufbauen. Für Absolventen der TUHH erfolgt der Einstieg nach Wissensvermittlung und erfolgreich abgelegter Prüfung über die Ebene D. Aufbauend können Ingenieure mit Berufserfahrung die Ebene C mit dem Ziel der Mitarbeit im Team anstreben, gefolgt von der Ebene B mit dem Ziel „Anwenden“ und u.U. dem Führen von kleinen Projekten. Die höchste Qualifikationsebene ist die Ebene A mit dem Ziel zu eigenen Problemformulierungen, Lösungen, Begründungen, Folgerungen, Interpretationen oder Wertungen zu gelangen und diese anderen auch vermitteln zu können. Das Ziel des Zertifikats ist die Etablierung eines branchenübergreifenden Standards für Systems Engineering mit praktischen Übungen und praxisnahen Inhalten. Basis hierzu ist das INCOSE Systems Engineering Handbuch (in dt. oder engl. Ausgabe) als auch die Norm ISO/IEC 15288 und angrenzende Normen des Systems Engineering.
Literatur	INCOSE Systems Engineering Handbuch - Ein Leitfaden für Systemlebenszyklus-Prozesse und -Aktivitäten, GfSE (Hrsg. der deutschen Übersetzung), ISBN 978-3-9818805-0-2. ISO/IEC 15288 System- und Software-Engineering - System-Lebenszyklus-Prozesse (Systems and Software Engineering - System Life Cycle Processes).

Lehrveranstaltung L1512: Entwicklungsmanagement Mechatronik	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 Minuten
Dozenten	NN, Dr. Johannes Nicolas Gebhardt
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Prozesse und Methoden der Produktentwicklung - von der Idee bis zur Markteinführung ◦ Identifikation von Markt- und Technologiepotenzialen ◦ Erarbeitung einer gemeinsamen Produktarchitektur ◦ Synchronisierte Produktentwicklung über alle ingenieurwissenschaftlichen Fachdisziplinen ◦ Produktabsicherung aus Kundensicht • Steuerung und Optimierung der Produktentwicklung ◦ Gestaltung von Arbeitsabläufen in der Entwicklung ◦ IT-Systeme in der Entwicklung ◦ Etablierung von Management Standards ◦ Typische Organisationsformen
Literatur	• Bender: Embedded Systems - qualitätsorientierte Entwicklung • Ehrlenspiel: Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit • Gausemeier/Ebbesmeyer/Kallmeyer: Produktinnovation - Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen • Haberfellner/de Weck/Fricke/Vössner: Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung • Lindemann: Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden • Pahl/Beitz: Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung • VDI-Richtlinie 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme

Lehrveranstaltung L0310: Fatigue & Damage Tolerance	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	45 min
Dozenten	Dr. Martin Flamm
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Design principles, fatigue strength, crack initiation and crack growth, damage calculation, counting methods, methods to improve fatigue strength, environmental influences
Literatur	Jaap Schijve, Fatigue of Structures and Materials. Kluver Academic Puplisher, Dordrecht, 2001 E. Haibach. Betriebsfestigkeit Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1989

Lehrveranstaltung L2012: Industrie 4.0 für Ingenieure	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Dozenten	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L0087: Mikrocontrollerschaltungen - Realisierung in Hard- und Software	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	10 min. Vortrag + anschließende Diskussion
Dozenten	Prof. Siegfried Rump
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	Im Rahmen dieses Seminars soll zunächst eine Hardwareumgebung für einen gängigen 8-bit Microcontroller (ATMEL ATmega-Serie) erstellt werden, die sowohl den Betrieb des Controllers als auch die Programmierung desselben von einem Standard-PC aus unterstützt. Die Schaltung soll mit Programmen in Assembler- und Hochsprache in Betrieb genommen werden. Prüfungsleistung: schriftliche Ausarbeitung und Vortrag
Literatur	ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash - DATASHEET, Atmel Corporation 2014 Atmel AVR 8-bit Instruction Set Instruction Set Manual, Atmel Corporation 2016

Lehrveranstaltung L0724: Microsystems Technology	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Dozenten	Prof. Hoc Khiem Trieu
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Introduction (historical view, scientific and economic relevance, scaling laws) • Semiconductor Technology Basics, Lithography (wafer fabrication, photolithography, improving resolution, next-generation lithography, nano-imprinting, molecular imprinting) • Deposition Techniques (thermal oxidation, epitaxy, electroplating, PVD techniques: evaporation and sputtering; CVD techniques: APCVD, LPCVD, PECVD and LECVD; screen printing) • Etching and Bulk Micromachining (definitions, wet chemical etching, isotropic etch with HNA, electrochemical etching, anisotropic etching with KOH/TMAH: theory, corner undercutting, measures for compensation and etch-stop techniques; plasma processes, dry etching: back sputtering, plasma etching, RIE, Bosch process, cryo process, XeF2 etching) • Surface Micromachining and alternative Techniques (sacrificial etching, film stress, stiction: theory and counter measures; Origami microstructures, Epi-Poly, porous silicon, SOI, SCREAM process, LIGA, SU8, rapid prototyping) • Thermal and Radiation Sensors (temperature measurement, self-generating sensors: Seebeck effect and thermopile; modulating sensors: thermo resistor, Pt-100, spreading resistance sensor, pn junction, NTC and PTC; thermal anemometer, mass flow sensor, photometry, radiometry, IR sensor: thermopile and bolometer) • Mechanical Sensors (strain based and stress based principle, capacitive readout, piezoresistivity, pressure sensor: piezoresistive, capacitive and fabrication process; accelerometer: piezoresistive, piezoelectric and capacitive; angular rate sensor: operating principle and fabrication process) • Magnetic Sensors (galvanomagnetic sensors: spinning current Hall sensor and magneto-transistor; magnetoresistive sensors: magneto resistance, AMR and GMR, fluxgate magnetometer) • Chemical and Bio Sensors (thermal gas sensors: pellistor and thermal conductivity sensor; metal oxide semiconductor gas sensor, organic semiconductor gas sensor, Lambda probe, MOSFET gas sensor, pH-FET, SAW sensor, principle of biosensor, Clark electrode, enzyme electrode, DNA chip) • Micro Actuators, Microfluidics and TAS (drives: thermal, electrostatic, piezo electric and electromagnetic; light modulators, DMD, adaptive optics, microscanner, microvalves: passive and active, micropumps, valveless micropump, electrokinetic micropumps, micromixer, filter, inkjet printhead, microdispenser, microfluidic switching elements, microreactor, lab-on-a-chip, microanalytics) • MEMS in medical Engineering (wireless energy and data transmission, smart pill, implantable drug delivery system, stimulators: microelectrodes, cochlear and retinal implant; implantable pressure sensors, intelligent osteosynthesis, implant for spinal cord regeneration) • Design, Simulation, Test (development and design flows, bottom-up approach, top-down approach, testability, modelling: multiphysics, FEM and equivalent circuit simulation; reliability test, physics-of-failure, Arrhenius equation, bath-tub relationship) • System Integration (monolithic and hybrid integration, assembly and packaging, dicing, electrical contact: wire bonding, TAB and flip chip bonding; packages, chip-on-board, wafer-level-package, 3D integration, wafer bonding: anodic bonding and silicon fusion bonding; micro electroplating, 3D-MID)
Literatur	M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 2002 N. Schwesinger: Lehrbuch Mikrosystemtechnik, Oldenbourg Verlag, 2009 T. M. Adams, R. A. Layton:Introductory MEMS, Springer, 2010 G. Gerlach; W. Dötzel: Introduction to microsystem technology, Wiley, 2008

Lehrveranstaltung L1551: Model-Based Systems Engineering (MBSE) mit SysML/UML	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Prüfungsart	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	ca. 10 Seiten
Dozenten	Prof. Ralf God
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Ziele der problemorientierten Lehrveranstaltung sind der Erwerb von Kenntnissen zum Vorgehen beim Systementwurf mittels der formalen Sprachen SysML/UML, das Kennenlernen von Werkzeugen zur Modellierung und schließlich die Durchführung eines Projekts mit Methoden und Werkzeugen des Model-Based Systems Engineering (MBSE) auf einer realistischen Hardwareplattform (z.B. Arduino®, Raspberry Pi®): • Was ist ein Modell? • Was ist Systems Engineering? • Überblick zu MBSE Methodiken • Die Modellierungssprachen SysML/UML • Werkzeuge für das MBSE • Vorgehensweisen beim MBSE • Anforderungsspezifikation, funktionale Architektur, Lösungsspezifikation • Vom Modell zum Softwarecode • Validierung und Verifikation: XiL-Methoden • Begleitendes MBSE-Projekt
Literatur	- Skript zur Vorlesung - Weilkiens, T.: Systems Engineering mit SysML/UML: Modellierung, Analyse, Design. 2. Auflage, dpunkt.Verlag, 2008 - Holt, J., Perry, S.A., Brownsword, M.: Model-Based Requirements Engineering. Institution Engineering & Tech, 2011

Lehrveranstaltung L2863: Nachhaltige industrielle Produktion	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	60 min
Dozenten	Dr. Simon Markus Kothe
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Die industrielle Produktion befasst sich mit der Herstellung physischer Produkte zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse unter Einsatz verschiedener Fertigungsprozesse, die die Form und die physikalischen Eigenschaften der Ausgangsmaterialien verändern. Das produzierende Gewerbe ist zentraler Treiber der wirtschaftlichen Entwicklung und hat großen Einfluss auf das Wohlergehen der Menschheit. Das Ausmaß der gegenwärtigen Produktionsaktivitäten führt jedoch zu einem enormen globalen Energie- und Materialbedarf, der sowohl der Umwelt als auch den Menschen schadet. Historisch gesehen orientierten sich industrielle Aktivitäten meist an ökonomischen Randbedingungen, während soziale und ökologische Folgen kaum berücksichtigt wurden. Infolgedessen liegen die heutigen globalen Verbrauchsraten vieler Ressourcen und damit verbundene Emissionen häufig über der natürlichen Regenerationsrate unseres Planeten. Insofern ist ein Großteil der derzeitigen industriellen Produktion als nicht nachhaltig zu bezeichnen. Dies wird jedes Jahr durch den “Earth Overshoot Day” unterstrichen, der den Tag markiert, an dem der ökologische Fußabdruck der Menschheit die jährliche Regenerationsfähigkeit der Erde übersteigt. Die vorliegende Vorlesung soll die Motivation, Analysemethoden sowie Ansätze für eine nachhaltige industrielle Produktion vermitteln und verdeutlichen, welchen Einfluss die Produktionsphase im Verhältnis zur Rohstoff-, Nutzungs- und Recyclingphase im gesamten Lebenszyklus von Produkten hat. Hierzu werden die folgenden Themen beleuchtet: - Motivation für eine nachhaltige Produktion, die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen und ihre Bedeutung für die Fertigung von morgen; - Ausgangsstoffe vs. Produktionsphase vs. Nutzungsphase vs. Recycling/End-of-Life-Phase: Bedeutung der Produktionsphase für die Umweltauswirkungen gefertigter Produkte; - Typische energie- und ressourcenintensive Prozesse in der industriellen Produktion und innovative Ansätze zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz; - Methodik zur Optimierung der Energie- und Ressourceneffizienz von industriellen Fertigungsketten mit den drei Schritten Modellieren (1), Bewerten (2) und Verbessern (3); - Ressourceneffizienz von Wertschöpfungsketten der industriellen Produktion und ihre Beurteilung mittels Lebenszyklusanalyse (LCA); - Übung: Ökobilanztechnische Betrachtung eines Fertigungsprozesses (Thermoplastisches Fügen eines Flugzeugrumpfsegments) als Teil eines Produkt-Life-Cycle-Assessments.
Literatur	Literatur: - Stefan Alexander (2020): Resource efficiency in manufacturing value chains. Cham: Springer International Publishing. - Hauschild, Michael Z.; Rosenbaum, Ralph K.; Olsen, Stig Irving (Hg.) (2018): Life Cycle Assessment. Theory and Practice. Cham: Springer International Publishing. - Kishita, Yusuke; Matsumoto, Mitsutaka; Inoue, Masato; Fukushige, Shinichi (2021): EcoDesign and sustainability. Singapore: Springer. - Schebek, Liselotte; Herrmann, Christoph; Cerdas, Felipe (2019): Progress in Life Cycle Assessment. Cham: Springer International Publishing. - Thiede, Sebastian; Hermann, Christoph (2019): Eco-factories of the future. Cham: Springer Nature Switzerland AG. - Vorlesungsskript.

Lehrveranstaltung L1077: Prozessmesstechnik	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	45 Minuten
Dozenten	Prof. Roland Harig
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe

Inhalt	• Prozessmesstechnik im Rahmen der Prozessleittechnik
	  ◦ Aufgaben der Prozessmesstechnik
	  ◦ Instrumentierung von Prozessen
	  ◦ Klassifizierung der Aufnehmer
	• Systemtheorie in der Prozessmesstechnik
	  ◦ Allgemeine lineare Beschreibung der Aufnehmer
	  ◦ Mathematische Beschreibung von allgemeinen Zweitoren
	  ◦ Fourier- und Laplace-Transformation
	• Korrelationsmesstechnik
	  ◦ Bedeutung von Breitbandsignalen für die Korrelationsmesstechnik
	  ◦ Auto- und Kreuzkorrelationsfunktion, sowie Anwendungen
	  ◦ Störfestigkeit von Korrelationsverfahren
	• Übertragung von analogen und digitalen Messsignalen in der Prozessmesstechnik
	  ◦ Modulationsverfahren (Amplituden-/Frequenzmodulation)
	  ◦ Multiplexverfahren zur Datenübertragung
	  ◦ Analog-Digital-Wandler

Literatur	- Färber: „Prozeßrechentechnik“, Springer-Verlag 1994 - Kiencke, Kronmüller: „Meßtechnik“, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1995 - A. Ambardar: „Analog and Digital Signal Processing“ (1), PWS Publishing Company, 1995, NTC 339 - A. Papoulis: „Signal Analysis“ (1), McGraw-Hill, 1987, NTC 312 (LB) - M. Schwartz: „Information Transmission, Modulation and Noise“ (3,4), McGraw-Hill, 1980, 2402095 - S. Haykin: „Communication Systems“ (1,3), Wiley&Sons, 1983, 2419072 - H. Sheingold: „Analog-Digital Conversion Handbook“ (5), Prentice-Hall, 1986, 2440072 - J. Fraden: „AIP Handbook of Modern Sensors“ (5,6), American Institute of Physics, 1993, MTB 346

Lehrveranstaltung L1083: Prozessmesstechnik	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	
Dozenten	Prof. Roland Harig
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0664: Regelungstechnische Methoden für die Medizintechnik	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	20 min
Dozenten	Johannes Kreuzer, Christian Neuhaus
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Immer aus dem Blickwinkel des Ingenieurs betrachtet, gliedert sich die Vorlesung wie folgt: • Einleitung in die Thematik • Grundlagen der physiologischen Modellbildung • Einführung in die Atmung und Beatmung • Physiologie und Pathologie in die Kardiologie • Einführung in die Regelung des Blutzuckers • Funktion der Niere und Nierenersatztherapie • Darstellung der Regelungstechnik am konkreten Beatmungsgerät • Exkursion zu einem Medizintechnik-Unternehmen Es werden Techniken der Modellierung, Simulation und Reglerentwicklung besprochen. Bei den Modellen werden einfache Ersatzschaltbilder für physiologische Abläufe hergeleitet und erklärt wie damit Sensoren, Regler und Aktoren gesteuert werden. MATLAB und SIMULINK sind die eingesetzten Entwicklungswerkzeuge.
Literatur	• Leonhardt, S., & Walter, M. (2016). Medizintechnische Systeme. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. • Werner, J. (2005). Kooperative und autonome Systeme der Medizintechnik. München: Oldenbourg. • Oczenski, W. (2017). Atmen : Atemhilfen ; Atemphysiologie und Beatmungstechnik: Georg Thieme Verlag KG.

Modul M1224: Ausgewählte Themen der Mechatronik (Alternative B: 6 LP)

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Angewandte Automatisierung (L1592)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Aufbaukurs SE-ZERT (L2739)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
Entwicklungsmanagement Mechatronik (L1512)	Vorlesung	2	3
Ermüdung und Schadenstoleranz (L0310)	Vorlesung	2	3
Industrie 4.0 für Ingenieure (L2012)	Vorlesung	2	3
Mikrocontrollerschaltungen - Realisierung in Hard- und Software (L0087)	Seminar	2	2
Mikrosystemtechnologie (L0724)	Vorlesung	2	4
Model-Based Systems Engineering (MBSE) mit SysML/UML (L1551)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3
Nachhaltige industrielle Produktion (L2863)	Vorlesung	2	4
Prozessmesstechnik (L1077)	Vorlesung	2	3
Prozessmesstechnik (L1083)	Hörsaalübung	1	1
Regelungstechnische Methoden für die Medizintechnik (L0664)	Vorlesung	2	3

Modulverantwortlicher	Dr. Martin Gomse
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Die Studierenden können vertieftes Wissen und Zusammenhänge in Spezialbereichen sowie Anwendungsfelder der Mechatronik erklären. • Die Studierenden können unterschiedliche Spezialgebiete miteinander in Verbindung setzen.
Fertigkeiten	• Die Studierenden können in den ausgewählten Teilbereichen spezialisierte Lösungsstrategien und neue wissenschaftliche Methoden anwenden. • Die Studierenden können die erlernten Fähigkeiten selbstständig auf neue und unbekannte Fragestellungen übertragen und hier Lösungsansätze entwickeln.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Keine
Selbstständigkeit	• Studierende können durch eine eigenständige Wahl der geeigneten Fächer je nach Interessenlage selbstständig Kenntnisse und Fähigkeiten vertiefen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	6
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1592: Angewandte Automatisierung	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 Minuten
Dozenten	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	-Project Based Learning -Robot Operating System -Roboteraufbau- und Beschreibung -Bewegungsbeschreibung -Kalibrierung -Genauigkeit
Literatur	John J. Craig Introduction to Robotics - Mechanics and Control ISBN: 0131236296 Pearson Education, Inc., 2005 Stefan Hesse Grundlagen der Handhabungstechnik ISBN: 3446418725 München Hanser, 2010 K. Thulasiraman and M. N. S. Swamy Graphs: Theory and Algorithms ISBN: 9781118033104 %CITAVIPICKER£9781118033104£Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen£% John Wüey & Sons, Inc., 1992

Lehrveranstaltung L2739: Aufbaukurs SE-ZERT	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Dozenten	Prof. Ralf God
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Das SE-ZERT® Programm (vgl. https://www.sezert.de/de/anwaerter-de.html) ist eine Weiterbildung zum „Certified Systems Engineer (GfSE)®“. An der TUHH baut diese Weiterbildung auf der Vorlesung und Übung Systems Engineering auf. Es wurde von der GfSE e.V. zusammen mit dem TÜV Rheinland als Personenzertifikat entwickelt. Das Programm orientiert sich an der EN ISO/IEC 17024 zur Personenzertifizierung. Trainingsinhalte sind: - Grundlagen des Systems Engineering (inkl. Einführung) - Projektübergreifende Schnittstellen - Schnittstellen des Systems Engineering zu Projekt Management - Systems Engineering Management - Anforderungsmanagement und Validierung & Verifikation - Realisationsprozesse - Querschnittsfunktionen innerhalb von Entwicklungsprojekten - Berücksichtigung von operationellen Aspekten und der Stilllegung im Design - Konfliktmanagement und soziale Kompetenz Als Trainingsanbieter ist das TUHH-Institut für Flugzeug-Kabinensysteme korporatives Mitglied der GfSE und bereitet als akkreditierte Trainingsstelle die Studierenden optimal und unabhängig auf die Zertifizierung vor, die von einem Prüfungsausschuss der SE-ZERT® Assessorengruppe der GfSE e.V. auf SE Wissen geprüft werden. Somit soll und wird eine hohe Qualität dieser Weiterbildung sichergestellt. Mit einem SE-ZERT® Zertifikat sind Absolventen branchenübergreifend für Ihre Arbeit als Systems Engineer in der Industrie qualifiziert. Die Weiterbildung wird an der TUHH in deutscher, sonst aber vielfach auch in englischer Sprache weltweit angeboten. SE-ZERT® an der TUHH richtet sich an Studierende im Masterstudiengang. Das SE-ZERT® Programm unterscheidet vier Qualifikationsebenen, die aufeinander aufbauen. Für Absolventen der TUHH erfolgt der Einstieg nach Wissensvermittlung und erfolgreich abgelegter Prüfung über die Ebene D. Aufbauend können Ingenieure mit Berufserfahrung die Ebene C mit dem Ziel der Mitarbeit im Team anstreben, gefolgt von der Ebene B mit dem Ziel „Anwenden“ und u.U. dem Führen von kleinen Projekten. Die höchste Qualifikationsebene ist die Ebene A mit dem Ziel zu eigenen Problemformulierungen, Lösungen, Begründungen, Folgerungen, Interpretationen oder Wertungen zu gelangen und diese anderen auch vermitteln zu können. Das Ziel des Zertifikats ist die Etablierung eines branchenübergreifenden Standards für Systems Engineering mit praktischen Übungen und praxisnahen Inhalten. Basis hierzu ist das INCOSE Systems Engineering Handbuch (in dt. oder engl. Ausgabe) als auch die Norm ISO/IEC 15288 und angrenzende Normen des Systems Engineering.
Literatur	INCOSE Systems Engineering Handbuch - Ein Leitfaden für Systemlebenszyklus-Prozesse und -Aktivitäten, GfSE (Hrsg. der deutschen Übersetzung), ISBN 978-3-9818805-0-2. ISO/IEC 15288 System- und Software-Engineering - System-Lebenszyklus-Prozesse (Systems and Software Engineering - System Life Cycle Processes).

Lehrveranstaltung L1512: Entwicklungsmanagement Mechatronik	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 Minuten
Dozenten	NN, Dr. Johannes Nicolas Gebhardt
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe

Inhalt	• Prozesse und Methoden der Produktentwicklung - von der Idee bis zur Markteinführung
	  ◦ Identifikation von Markt- und Technologiepotenzialen
	  ◦ Erarbeitung einer gemeinsamen Produktarchitektur
	  ◦ Synchronisierte Produktentwicklung über alle ingenieurwissenschaftlichen Fachdisziplinen
	  ◦ Produktabsicherung aus Kundensicht
	• Steuerung und Optimierung der Produktentwicklung
	  ◦ Gestaltung von Arbeitsabläufen in der Entwicklung
	  ◦ IT-Systeme in der Entwicklung
	  ◦ Etablierung von Management Standards
	  ◦ Typische Organisationsformen

Literatur	• Bender: Embedded Systems - qualitätsorientierte Entwicklung • Ehrlenspiel: Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit • Gausemeier/Ebbesmeyer/Kallmeyer: Produktinnovation - Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen • Haberfellner/de Weck/Fricke/Vössner: Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung • Lindemann: Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden • Pahl/Beitz: Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung • VDI-Richtlinie 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme

Lehrveranstaltung L0310: Fatigue & Damage Tolerance	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	45 min
Dozenten	Dr. Martin Flamm
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Design principles, fatigue strength, crack initiation and crack growth, damage calculation, counting methods, methods to improve fatigue strength, environmental influences
Literatur	Jaap Schijve, Fatigue of Structures and Materials. Kluver Academic Puplisher, Dordrecht, 2001 E. Haibach. Betriebsfestigkeit Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1989

Lehrveranstaltung L2012: Industrie 4.0 für Ingenieure	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Dozenten	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L0087: Mikrocontrollerschaltungen - Realisierung in Hard- und Software	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	10 min. Vortrag + anschließende Diskussion
Dozenten	Prof. Siegfried Rump
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	Im Rahmen dieses Seminars soll zunächst eine Hardwareumgebung für einen gängigen 8-bit Microcontroller (ATMEL ATmega-Serie) erstellt werden, die sowohl den Betrieb des Controllers als auch die Programmierung desselben von einem Standard-PC aus unterstützt. Die Schaltung soll mit Programmen in Assembler- und Hochsprache in Betrieb genommen werden. Prüfungsleistung: schriftliche Ausarbeitung und Vortrag
Literatur	ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash - DATASHEET, Atmel Corporation 2014 Atmel AVR 8-bit Instruction Set Instruction Set Manual, Atmel Corporation 2016

Lehrveranstaltung L0724: Microsystems Technology	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Dozenten	Prof. Hoc Khiem Trieu
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Introduction (historical view, scientific and economic relevance, scaling laws) • Semiconductor Technology Basics, Lithography (wafer fabrication, photolithography, improving resolution, next-generation lithography, nano-imprinting, molecular imprinting) • Deposition Techniques (thermal oxidation, epitaxy, electroplating, PVD techniques: evaporation and sputtering; CVD techniques: APCVD, LPCVD, PECVD and LECVD; screen printing) • Etching and Bulk Micromachining (definitions, wet chemical etching, isotropic etch with HNA, electrochemical etching, anisotropic etching with KOH/TMAH: theory, corner undercutting, measures for compensation and etch-stop techniques; plasma processes, dry etching: back sputtering, plasma etching, RIE, Bosch process, cryo process, XeF2 etching) • Surface Micromachining and alternative Techniques (sacrificial etching, film stress, stiction: theory and counter measures; Origami microstructures, Epi-Poly, porous silicon, SOI, SCREAM process, LIGA, SU8, rapid prototyping) • Thermal and Radiation Sensors (temperature measurement, self-generating sensors: Seebeck effect and thermopile; modulating sensors: thermo resistor, Pt-100, spreading resistance sensor, pn junction, NTC and PTC; thermal anemometer, mass flow sensor, photometry, radiometry, IR sensor: thermopile and bolometer) • Mechanical Sensors (strain based and stress based principle, capacitive readout, piezoresistivity, pressure sensor: piezoresistive, capacitive and fabrication process; accelerometer: piezoresistive, piezoelectric and capacitive; angular rate sensor: operating principle and fabrication process) • Magnetic Sensors (galvanomagnetic sensors: spinning current Hall sensor and magneto-transistor; magnetoresistive sensors: magneto resistance, AMR and GMR, fluxgate magnetometer) • Chemical and Bio Sensors (thermal gas sensors: pellistor and thermal conductivity sensor; metal oxide semiconductor gas sensor, organic semiconductor gas sensor, Lambda probe, MOSFET gas sensor, pH-FET, SAW sensor, principle of biosensor, Clark electrode, enzyme electrode, DNA chip) • Micro Actuators, Microfluidics and TAS (drives: thermal, electrostatic, piezo electric and electromagnetic; light modulators, DMD, adaptive optics, microscanner, microvalves: passive and active, micropumps, valveless micropump, electrokinetic micropumps, micromixer, filter, inkjet printhead, microdispenser, microfluidic switching elements, microreactor, lab-on-a-chip, microanalytics) • MEMS in medical Engineering (wireless energy and data transmission, smart pill, implantable drug delivery system, stimulators: microelectrodes, cochlear and retinal implant; implantable pressure sensors, intelligent osteosynthesis, implant for spinal cord regeneration) • Design, Simulation, Test (development and design flows, bottom-up approach, top-down approach, testability, modelling: multiphysics, FEM and equivalent circuit simulation; reliability test, physics-of-failure, Arrhenius equation, bath-tub relationship) • System Integration (monolithic and hybrid integration, assembly and packaging, dicing, electrical contact: wire bonding, TAB and flip chip bonding; packages, chip-on-board, wafer-level-package, 3D integration, wafer bonding: anodic bonding and silicon fusion bonding; micro electroplating, 3D-MID)
Literatur	M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 2002 N. Schwesinger: Lehrbuch Mikrosystemtechnik, Oldenbourg Verlag, 2009 T. M. Adams, R. A. Layton:Introductory MEMS, Springer, 2010 G. Gerlach; W. Dötzel: Introduction to microsystem technology, Wiley, 2008

Lehrveranstaltung L1551: Model-Based Systems Engineering (MBSE) mit SysML/UML	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Prüfungsart	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	ca. 10 Seiten
Dozenten	Prof. Ralf God
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Ziele der problemorientierten Lehrveranstaltung sind der Erwerb von Kenntnissen zum Vorgehen beim Systementwurf mittels der formalen Sprachen SysML/UML, das Kennenlernen von Werkzeugen zur Modellierung und schließlich die Durchführung eines Projekts mit Methoden und Werkzeugen des Model-Based Systems Engineering (MBSE) auf einer realistischen Hardwareplattform (z.B. Arduino®, Raspberry Pi®): • Was ist ein Modell? • Was ist Systems Engineering? • Überblick zu MBSE Methodiken • Die Modellierungssprachen SysML/UML • Werkzeuge für das MBSE • Vorgehensweisen beim MBSE • Anforderungsspezifikation, funktionale Architektur, Lösungsspezifikation • Vom Modell zum Softwarecode • Validierung und Verifikation: XiL-Methoden • Begleitendes MBSE-Projekt
Literatur	- Skript zur Vorlesung - Weilkiens, T.: Systems Engineering mit SysML/UML: Modellierung, Analyse, Design. 2. Auflage, dpunkt.Verlag, 2008 - Holt, J., Perry, S.A., Brownsword, M.: Model-Based Requirements Engineering. Institution Engineering & Tech, 2011

Lehrveranstaltung L2863: Nachhaltige industrielle Produktion	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	60 min
Dozenten	Dr. Simon Markus Kothe
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Die industrielle Produktion befasst sich mit der Herstellung physischer Produkte zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse unter Einsatz verschiedener Fertigungsprozesse, die die Form und die physikalischen Eigenschaften der Ausgangsmaterialien verändern. Das produzierende Gewerbe ist zentraler Treiber der wirtschaftlichen Entwicklung und hat großen Einfluss auf das Wohlergehen der Menschheit. Das Ausmaß der gegenwärtigen Produktionsaktivitäten führt jedoch zu einem enormen globalen Energie- und Materialbedarf, der sowohl der Umwelt als auch den Menschen schadet. Historisch gesehen orientierten sich industrielle Aktivitäten meist an ökonomischen Randbedingungen, während soziale und ökologische Folgen kaum berücksichtigt wurden. Infolgedessen liegen die heutigen globalen Verbrauchsraten vieler Ressourcen und damit verbundene Emissionen häufig über der natürlichen Regenerationsrate unseres Planeten. Insofern ist ein Großteil der derzeitigen industriellen Produktion als nicht nachhaltig zu bezeichnen. Dies wird jedes Jahr durch den “Earth Overshoot Day” unterstrichen, der den Tag markiert, an dem der ökologische Fußabdruck der Menschheit die jährliche Regenerationsfähigkeit der Erde übersteigt. Die vorliegende Vorlesung soll die Motivation, Analysemethoden sowie Ansätze für eine nachhaltige industrielle Produktion vermitteln und verdeutlichen, welchen Einfluss die Produktionsphase im Verhältnis zur Rohstoff-, Nutzungs- und Recyclingphase im gesamten Lebenszyklus von Produkten hat. Hierzu werden die folgenden Themen beleuchtet: - Motivation für eine nachhaltige Produktion, die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen und ihre Bedeutung für die Fertigung von morgen; - Ausgangsstoffe vs. Produktionsphase vs. Nutzungsphase vs. Recycling/End-of-Life-Phase: Bedeutung der Produktionsphase für die Umweltauswirkungen gefertigter Produkte; - Typische energie- und ressourcenintensive Prozesse in der industriellen Produktion und innovative Ansätze zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz; - Methodik zur Optimierung der Energie- und Ressourceneffizienz von industriellen Fertigungsketten mit den drei Schritten Modellieren (1), Bewerten (2) und Verbessern (3); - Ressourceneffizienz von Wertschöpfungsketten der industriellen Produktion und ihre Beurteilung mittels Lebenszyklusanalyse (LCA); - Übung: Ökobilanztechnische Betrachtung eines Fertigungsprozesses (Thermoplastisches Fügen eines Flugzeugrumpfsegments) als Teil eines Produkt-Life-Cycle-Assessments.
Literatur	Literatur: - Stefan Alexander (2020): Resource efficiency in manufacturing value chains. Cham: Springer International Publishing. - Hauschild, Michael Z.; Rosenbaum, Ralph K.; Olsen, Stig Irving (Hg.) (2018): Life Cycle Assessment. Theory and Practice. Cham: Springer International Publishing. - Kishita, Yusuke; Matsumoto, Mitsutaka; Inoue, Masato; Fukushige, Shinichi (2021): EcoDesign and sustainability. Singapore: Springer. - Schebek, Liselotte; Herrmann, Christoph; Cerdas, Felipe (2019): Progress in Life Cycle Assessment. Cham: Springer International Publishing. - Thiede, Sebastian; Hermann, Christoph (2019): Eco-factories of the future. Cham: Springer Nature Switzerland AG. - Vorlesungsskript.

Lehrveranstaltung L1077: Prozessmesstechnik	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	45 Minuten
Dozenten	Prof. Roland Harig
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe

Inhalt	• Prozessmesstechnik im Rahmen der Prozessleittechnik
	  ◦ Aufgaben der Prozessmesstechnik
	  ◦ Instrumentierung von Prozessen
	  ◦ Klassifizierung der Aufnehmer
	• Systemtheorie in der Prozessmesstechnik
	  ◦ Allgemeine lineare Beschreibung der Aufnehmer
	  ◦ Mathematische Beschreibung von allgemeinen Zweitoren
	  ◦ Fourier- und Laplace-Transformation
	• Korrelationsmesstechnik
	  ◦ Bedeutung von Breitbandsignalen für die Korrelationsmesstechnik
	  ◦ Auto- und Kreuzkorrelationsfunktion, sowie Anwendungen
	  ◦ Störfestigkeit von Korrelationsverfahren
	• Übertragung von analogen und digitalen Messsignalen in der Prozessmesstechnik
	  ◦ Modulationsverfahren (Amplituden-/Frequenzmodulation)
	  ◦ Multiplexverfahren zur Datenübertragung
	  ◦ Analog-Digital-Wandler

Literatur	- Färber: „Prozeßrechentechnik“, Springer-Verlag 1994 - Kiencke, Kronmüller: „Meßtechnik“, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1995 - A. Ambardar: „Analog and Digital Signal Processing“ (1), PWS Publishing Company, 1995, NTC 339 - A. Papoulis: „Signal Analysis“ (1), McGraw-Hill, 1987, NTC 312 (LB) - M. Schwartz: „Information Transmission, Modulation and Noise“ (3,4), McGraw-Hill, 1980, 2402095 - S. Haykin: „Communication Systems“ (1,3), Wiley&Sons, 1983, 2419072 - H. Sheingold: „Analog-Digital Conversion Handbook“ (5), Prentice-Hall, 1986, 2440072 - J. Fraden: „AIP Handbook of Modern Sensors“ (5,6), American Institute of Physics, 1993, MTB 346

Lehrveranstaltung L1083: Prozessmesstechnik	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	
Dozenten	Prof. Roland Harig
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0664: Regelungstechnische Methoden für die Medizintechnik	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Prüfungsart	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	20 min
Dozenten	Johannes Kreuzer, Christian Neuhaus
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Immer aus dem Blickwinkel des Ingenieurs betrachtet, gliedert sich die Vorlesung wie folgt: • Einleitung in die Thematik • Grundlagen der physiologischen Modellbildung • Einführung in die Atmung und Beatmung • Physiologie und Pathologie in die Kardiologie • Einführung in die Regelung des Blutzuckers • Funktion der Niere und Nierenersatztherapie • Darstellung der Regelungstechnik am konkreten Beatmungsgerät • Exkursion zu einem Medizintechnik-Unternehmen Es werden Techniken der Modellierung, Simulation und Reglerentwicklung besprochen. Bei den Modellen werden einfache Ersatzschaltbilder für physiologische Abläufe hergeleitet und erklärt wie damit Sensoren, Regler und Aktoren gesteuert werden. MATLAB und SIMULINK sind die eingesetzten Entwicklungswerkzeuge.
Literatur	• Leonhardt, S., & Walter, M. (2016). Medizintechnische Systeme. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. • Werner, J. (2005). Kooperative und autonome Systeme der Medizintechnik. München: Oldenbourg. • Oczenski, W. (2017). Atmen : Atemhilfen ; Atemphysiologie und Beatmungstechnik: Georg Thieme Verlag KG.

Modul M1281: Ausgewählte Themen der Schwingungslehre

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Ausgewählte Themen der Schwingungslehre (L1743)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	4	6

Modulverantwortlicher	Prof. Norbert Hoffmann
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Technische Schwingungslehre
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Studierende sind in der Lage bestehende Begriffe und Konzepte der Höheren Schwingungslehre wiederzugeben. • Studierende sind in der Lage den Bedarf für neue Begriffe und Konzepte der Schwingungstechnik zu identifizieren.
Fertigkeiten	• Studierende sind in der Lage bestehende Verfahren und Methoden der Höheren Schwingungslehre anzuwenden • Studierende sind in der Lage neue Verfahren und Methoden für Schwingungsprobleme zu entwickeln.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Studierende können Arbeitsergebnisse auch in Gruppen erzielen. • Studierende können Arbeitsergebnisse auch in Gruppen kommunizieren.
Selbstständigkeit	• Studierende können eigenständig vorgegebene Forschungsaufgaben angehen • Studierende können selbständig neue Forschungsaufgaben bearbeiten und zu Ergebnissen kommen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	2 Stunden
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1743: Ausgewählte Themen der Schwingungslehre

Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	4
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Norbert Hoffmann
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Fortgeschrittene Themen und aktuelle Forschungsthemen der Schwingungstechnik • Rotordynamik • Modalanalyse • Modell-Ordnungsreduktion und Substrukturtechniken • Stabilität periodischer Schwingungen • Zufallsschwingungen • Ausgewählte Themen
Literatur	Aktuelle Veröffentlichungen / Recent research publications Bücher/Books: Gasch, Nordmann, Pfützner: Rotordynamik Gasch, Knothe, Liebich: Strukturdynamik

Modul M0835: Humanoide Robotik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Humanoide Robotik (L0663)	Seminar	2	2

Modulverantwortlicher	Patrick Göttsch
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Grundlagen der Regelungstechnik • Control systems theory and design
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Die Studierenden können Eigenschaften der humanoiden Robotik nennen und erläutern. • Die Studierenden können Regelkonzepte für verschiedene Aufgaben der Humanoiden Robotik anwenden.
Fertigkeiten	• Die Studierenden erarbeiten sich neues Wissen zu ausgewählten Aspekten der humanoiden Robotik aus ausgewählten Literaturquellen. • Die Studierenden abstrahieren und fassen die Inhalte zusammen, um sie den anderen Teilnehmern zu präsentieren. • Die Studierenden üben gemeinsam Erstellung und Halten einer Präsentation
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Die Studierenden können in fachlich gemischten Teams gemeinsame Lösungen entwickeln und diese vor anderen vertreten. • Sie sind in der Lage angemessenes Feedback zu geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umzugehen.
Selbstständigkeit	• Die Studierenden bewerten selbständig Vor- und Nachteile von Präsentationsformen für bestimmte Aufgaben und sie wählen eigenverantwortlich die jeweils beste Lösung aus. • Die Studierenden erarbeiten sich selbständig ein wissenschaftliches Teilgebiet, können dieses in einer Präsentation vorstellen und verfolgen aktiv die Präsentationen anderer Studierender, so dass ein interaktiver Diskurs über ein wissenschaftliches Thema entsteht.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Leistungspunkte	2
Studienleistung	Keine
Prüfung	Referat
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0663: Humanoide Robotik

Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Patrick Göttsch
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Grundlagen der Regelungstechnik • Control systems theory and design
Literatur	- B. Siciliano, O. Khatib. "Handbook of Robotics. Part A: Robotics Foundations", Springer (2008).

Modul M1269: Labor Cyber-Physical Systems

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Labor Cyber-Physical Systems (L1740)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	4	6

Modulverantwortlicher	Prof. Heiko Falk
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Modul "Eingebettete Systeme"
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Cyber-Physical Systems (CPS) stehen über Sensoren, A/D- und D/A-Wandler und Aktoren in enger Verbindung mit ihrer Umgebung. Wegen der besonderen Einsatzgebiete kommen hier hochgradig spezialisierte Sensoren, Prozessoren und Aktoren zum Einsatz, die applikationsspezifisch auf ihr jeweiliges Einsatzgebiet ausgerichtet sind. Dementsprechend existiert - im Gegensatz zum klassischen Software Engineering - eine Vielzahl unterschiedlicher Techniken zur Spezifikation von CPS. In Form von rechnergestützten Versuchen mit Roboterbausätzen werden in dieser Veranstaltung die Grundzüge der Spezifikation und Modellierung von CPS vermittelt. Das Labor behandelt die Einführung in diese Systeme (Begriffsbildung, charakteristische Eigenschaften) und deren Spezifikationssprachen (models of computation, hierarchische Zustandsautomaten, Datenfluss-Modelle, Petri-Netze, imperative Techniken). Da CPS häufig Steuerungs- und Regelungsaufgaben erfüllen, wird das Labor praxisnah einfache Anwendungen aus der Regelungstechnik vermitteln. Die Versuche nutzen gängige Spezifikationswerkzeuge (MATLAB/Simulink, LabVIEW, NXC), um hiermit Cyber-Physical Systems zu modellieren, die über Sensoren und Aktoren mit ihrer Umwelt interagieren.
Fertigkeiten	Nach erfolgreichem Besuch der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, einfache CPS zu entwickeln. Sie können Wechselwirkungen zwischen einem CPS und dessen umgebenden Prozessen beurteilen, der sich aus dem Kreislauf zwischen physikalischer Umwelt, Sensor, A/D-Wandler, digitalem Prozessor, D/A-Wandler und Aktor ergibt. Die Veranstaltung versetzt die Studierenden in die Lage, Modellierungstechniken miteinander vergleichen, deren Vor- und Nachteile abwägen, und geeignete Techniken zur Systementwicklung einsetzen zu können. Sie erwerben die Fähigkeit, diese Techniken im Rahmen konkreter praktischer Aufgabenstellungen anzuwenden. Sie haben erste Erfahrungen im hardwarenahen Software-Entwurf, im Umgang mit industrierelevanten Spezifikationswerkzeugen und im Entwurf einfacher Regelungssysteme erworben.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, ähnliche Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachliteratur selbständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen zusammenzufassen, zu präsentieren und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	Durchführung und Beschreibung sämtlicher Versuche
Zuordnung zu folgenden Curricula	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Mathematik und Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Mathematik & Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1740: Labor Cyber-Physical Systems

Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	4
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Versuch 1: Programmieren in NXC • Versuch 2: Programmierung des Roboters mit Matlab/Simulink • Programmierung des Roboters in LabVIEW
Literatur	• Peter Marwedel. Embedded System Design - Embedded System Foundations of Cyber-Physical Systems. 2 nd Edition, Springer, 2012. • Begleitende Foliensätze

Modul M0838: Linear and Nonlinear System Identifikation

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Lineare und Nichtlineare Systemidentifikation (L0660)	Vorlesung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Herbert Werner
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Classical control (frequency response, root locus) • State space methods • Discrete-time systems • Linear algebra, singular value decomposition • Basic knowledge about stochastic processes
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Students can explain the general framework of the prediction error method and its application to a variety of linear and nonlinear model structures • They can explain how multilayer perceptron networks are used to model nonlinear dynamics • They can explain how an approximate predictive control scheme can be based on neural network models • They can explain the idea of subspace identification and its relation to Kalman realisation theory
Fertigkeiten	• Students are capable of applying the predicition error method to the experimental identification of linear and nonlinear models for dynamic systems • They are capable of implementing a nonlinear predictive control scheme based on a neural network model • They are capable of applying subspace algorithms to the experimental identification of linear models for dynamic systems • They can do the above using standard software tools (including the Matlab System Identification Toolbox)
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students can work in mixed groups on specific problems to arrive at joint solutions.
Selbstständigkeit	Students are able to find required information in sources provided (lecture notes, literature, software documentation) and use it to solve given problems.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Leistungspunkte	3
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Pflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0660: Linear and Nonlinear System Identification

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Herbert Werner
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Prediction error method • Linear and nonlinear model structures • Nonlinear model structure based on multilayer perceptron network • Approximate predictive control based on multilayer perceptron network model • Subspace identification
Literatur	• Lennart Ljung, System Identification - Theory for the User, Prentice Hall 1999 • M. Norgaard, O. Ravn, N.K. Poulsen and L.K. Hansen, Neural Networks for Modeling and Control of Dynamic Systems, Springer Verlag, London 2003 • T. Kailath, A.H. Sayed and B. Hassibi, Linear Estimation, Prentice Hall 2000

Modul M0939: Control Lab A

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Praktikum Regelungstechnik I (L1093)	Laborpraktikum	1	1
Praktikum Regelungstechnik II (L1291)	Laborpraktikum	1	1
Praktikum Regelungstechnik III (L1665)	Laborpraktikum	1	1
Praktikum Regelungstechnik IV (L1666)	Laborpraktikum	1	1

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• State space methods • LQG control • H2 and H-infinity optimal control • uncertain plant models and robust control • LPV control
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz *Wissen*	• Students can explain the difference between validation of a control lop in simulation and experimental validation
Fertigkeiten	• Students are capable of applying basic system identification tools (Matlab System Identification Toolbox) to identify a dynamic model that can be used for controller synthesis • They are capable of using standard software tools (Matlab Control Toolbox) for the design and implementation of LQG controllers • They are capable of using standard software tools (Matlab Robust Control Toolbox) for the mixed-sensitivity design and the implementation of H-infinity optimal controllers • They are capable of representing model uncertainty, and of designing and implementing a robust controller • They are capable of using standard software tools (Matlab Robust Control Toolbox) for the design and the implementation of LPV gain-scheduled controllers
Personale Kompetenzen *Sozialkompetenz*	• Students can work in teams to conduct experiments and document the results
Selbstständigkeit	• Students can independently carry out simulation studies to design and validate control loops
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	4
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	1
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1093: Control Lab I

Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	NN, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Lehrveranstaltung L1291: Control Lab II

Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	NN, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Lehrveranstaltung L1665: Control Lab III	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	NN, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Lehrveranstaltung L1666: Control Lab IV	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	NN, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Modul M1229: Control Lab B

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Praktikum Regelungstechnik V (L1667)	Laborpraktikum	1	1
Praktikum Regelungstechnik VI (L1668)	Laborpraktikum	1	1

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• State space methods • LQG control • H2 and H-infinity optimal control • uncertain plant models and robust control • LPV control
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz *Wissen*	• Students can explain the difference between validation of a control lop in simulation and experimental validation
Fertigkeiten	• Students are capable of applying basic system identification tools (Matlab System Identification Toolbox) to identify a dynamic model that can be used for controller synthesis • They are capable of using standard software tools (Matlab Control Toolbox) for the design and implementation of LQG controllers • They are capable of using standard software tools (Matlab Robust Control Toolbox) for the mixed-sensitivity design and the implementation of H-infinity optimal controllers • They are capable of representing model uncertainty, and of designing and implementing a robust controller • They are capable of using standard software tools (Matlab Robust Control Toolbox) for the design and the implementation of LPV gain-scheduled controllers
Personale Kompetenzen *Sozialkompetenz*	• Students can work in teams to conduct experiments and document the results
Selbstständigkeit	• Students can independently carry out simulation studies to design and validate control loops
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Leistungspunkte	2
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	1
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1667: Control Lab V

Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Herbert Werner, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Lehrveranstaltung L1668: Control Lab VI

Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Herbert Werner, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Modul M1306: Control Lab C

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Praktikum Regelungstechnik IX (L1836)	Laborpraktikum	1	1
Praktikum Regelungstechnik VII (L1834)	Laborpraktikum	1	1
Praktikum Regelungstechnik VIII (L1835)	Laborpraktikum	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Herbert Werner
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• State space methods • LQG control • H2 and H-infinity optimal control • uncertain plant models and robust control • LPV control
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Students can explain the difference between validation of a control lop in simulation and experimental validation
Fertigkeiten	• Students are capable of applying basic system identification tools (Matlab System Identification Toolbox) to identify a dynamic model that can be used for controller synthesis • They are capable of using standard software tools (Matlab Control Toolbox) for the design and implementation of LQG controllers • They are capable of using standard software tools (Matlab Robust Control Toolbox) for the mixed-sensitivity design and the implementation of H-infinity optimal controllers • They are capable of representing model uncertainty, and of designing and implementing a robust controller • They are capable of using standard software tools (Matlab Robust Control Toolbox) for the design and the implementation of LPV gain-scheduled controllers
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Students can work in teams to conduct experiments and document the results
Selbstständigkeit	• Students can independently carry out simulation studies to design and validate control loops
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Leistungspunkte	3
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	1
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1836: Control Lab IX

Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Herbert Werner, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Lehrveranstaltung L1834: Control Lab VII

Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Herbert Werner, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Lehrveranstaltung L1835: Control Lab VIII	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Herbert Werner, Adwait Datar, Patrick Göttsch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	One of the offered experiments in control theory.
Literatur	Experiment Guides

Modul M1203: Technische Dynamik: Numerische und experimentelle Methoden

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Laborpraktium Technische Dynamik (L1631)	Laborpraktikum	1	1
Technische Dynamik (L1630)	Vorlesung	4	4
Technische Dynamik (L3103)	Gruppenübung	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Robert Seifried
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Mathematik I, II, III, Mechanik I, II, III, IV Numerik gewöhnlicher Differntialgleichungen
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierenden besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls Technische Dynamik grundlegende Kenntnisse über die wichtigsten Methoden der Dynamik und haben ein gutes Verständnis der wichtigsten Zusammenhänge in der Technischen Dynamik.
Fertigkeiten	Studierende sind in der Lage + ganzheitlich zu Denken + grundlegende Problemstellungen aus der Technischen Dynamik selbständig, sicher, kritisch und bedarfsgerecht zu analysieren und zu lösen + dynamische Problem mathematisch zu beschreiben + dynmsiche Probleme numerisch und experimentell zu untersuchen
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können + in heterogen zusammengesetzten Gruppen Aufgaben lösen und die Arbeitsergebnisse dokumentieren.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig + ihren Kenntnisstand mit Hilfe von Übungsaufgaben und Versuchen einzuschätzen. + sich zur Lösung von forschungsorientierten Aufgaben notwendiges Wissen eigenständig zu erschließen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6

Studienleistung

Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	Versuche Fachlabor
Nein	20 %	Übungsaufgaben	Aufgaben in Matlab

Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht

Lehrveranstaltung L1631: Laborpraktium Technische Dynamik	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Marc-André Pick
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	In Gruppen werden praktische Übungen aus unterschiedlichen Bereichen der Technischen Dynamik mit Schwerpunkt numerischer Simulation, experimenteller Validierung und experimenteller Schwingungsanalyse selbständig durchgeführt. Die in der Vorlesung Technischer Dynamik erarbeiteten numerischen Simulationsmethoden werden für Beispielsysteme selbständig in Matlab implementiert und simuliert. Anhand der experimentellen Versuche wird neben dem Wissen über die aktuelle Problemstellung Erfahrungen im Umgang mit Meßgeräten, Sensoren, Signalverarbeitungsgeräten und mit der Meßdatenverarbeitung am PC gesammelt.
Literatur	Schiehlen, W.; Eberhard, P.: Technische Dynamik, 4. Auflage, Vieweg+Teubner: Wiesbaden, 2014.

Lehrveranstaltung L1630: Technische Dynamik	
Typ	Vorlesung
SWS	4
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Robert Seifried, Dr. Marc-André Pick
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Modellierung von Mehrkörpersystemen 2. Kinematische und kinetische Grundlagen 3. Bindungen 4. Mehrkörpersysteme in Minimalkoordinaten 5. Zustandsraum, Linearisierung und Modalanalyse 6. Mehrkörpersysteme mit kinematischen Schleifen 7. Mehrkörpersysteme in DAE-Form 8. Nichtholonome Mehrkörpersysteme 9. Experimentelle Methoden in der Dynamik
Literatur	Schiehlen, W.; Eberhard, P.: Technische Dynamik, 4. Auflage, Vieweg+Teubner: Wiesbaden, 2014. Woernle, C.: Mehrkörpersysteme, Springer: Heidelberg, 2011. Seifried, R.: Dynamics of Underactuated Multibody Systems, Springer, 2014.

Lehrveranstaltung L3103: Technische Dynamik	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Robert Seifried
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0630: Robotics and Navigation in Medicine

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Robotik und Navigation in der Medizin (L0335)	Vorlesung	2	3
Robotik und Navigation in der Medizin (L0338)	Projektseminar	2	2
Robotik und Navigation in der Medizin (L0336)	Gruppenübung	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Schlaefer
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• principles of math (algebra, analysis/calculus) • principles of programming, e.g., in Java or C++ • solid R or Matlab skills
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students can explain kinematics and tracking systems in clinical contexts and illustrate systems and their components in detail. Systems can be evaluated with respect to collision detection and safety and regulations. Students can assess typical systems regarding design and limitations.
Fertigkeiten	The students are able to design and evaluate navigation systems and robotic systems for medical applications.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	The students are able to grasp practical tasks in groups, develop solution strategies independently, define work processes and work on them collaboratively. The students are able to collaboratively organize their work processes and software solutions using virtual communication and software management tools. The students can critically reflect on the results of other groups, make constructive suggestions for improvement, and also incorporate them into their own work.
Selbstständigkeit	The students can assess their level of knowledge and independently control their learning processes on this basis as well as document their work results. They can critically evaluate the results achieved and present them in an appropriate argumentative manner to the other groups.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Ja 10 % Schriftliche Ausarbeitung Ja 10 % Referat
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung III. Applications: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0335: Robotics and Navigation in Medicine	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	- kinematics - calibration - tracking systems - navigation and image guidance - motion compensation The seminar extends and complements the contents of the lecture with respect to recent research results.
Literatur	Spong et al.: Robot Modeling and Control, 2005 Troccaz: Medical Robotics, 2012 Further literature will be given in the lecture.

Lehrveranstaltung L0338: Robotics and Navigation in Medicine	
Typ	Projektseminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0336: Robotics and Navigation in Medicine	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1212: Technischer Ergänzungskurs für IMPMEC (laut FSPO)

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Siehe gewähltes Modul laut FSPO
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	siehe gewähltes Modul laut FSPO
Fertigkeiten	siehe gewähltes Modul laut FSPO
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	siehe gewähltes Modul laut FSPO
Selbstständigkeit	siehe gewähltes Modul laut FSPO
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	6
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Modul M1616: Flight Control Laws: Design and Application

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Flugregelung: Entwurf und Anwendung (L2448)	Vorlesung	2	4
Flugregelung: Entwurf und Anwendung (L2449)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2

Modulverantwortlicher	Prof. Frank Thielecke
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge in: • Mathematics (linear algebra and ordinary differential equations) • Control Systems (transfer functions and state space representation) • Mechanics (rigid-body kinetics) • Flight mechanics
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Students are able to: • Describe and understand flight dynamics models for control tasks • Assess handling qualities and understand the need for augmentation through control systems • Identify fundamental performance limitations of control laws
Fertigkeiten	Students are able to: • Design model-based control laws for stability augmentation • Design model-based flight control laws • Assess robustness and performance of control laws
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to: • Design control laws in groups as well as discuss the requirements and results
Selbstständigkeit	Students are able to: • Reflect on the contents of lectures and extend their knowledge through literature research • Solve control design tasks with software tools
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** Ja; **Bonus** Keiner; **Art der Studienleistung** Testate; **Beschreibung** Die in der Vorlesung vermittelten Kenntnisse werden in einem semesterbegleitenden Projekt direkt auf das Modell eines Passagierflugzeugs angewendet.
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	60 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Flugzeug-Systemtechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2448: Flight Control Law Design and Application	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Frank Thielecke
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Flight dynamics (equations of motion, trim and linearization, linear models of longitudinal and lateral-directional motion, eigenforms) • Stability augmentation (modal dynamics, damper design with root-loci, pole placement and eigenstructure assignment) • Primary flight control laws and autopilots • Design of flight control laws (loopshaping design, robustness criteria and analysis, cascaded control loops, gain-scheduling) • Verification of flight control laws in simulation
Literatur	• J. Theis: Lecture Notes Flight Control Law Design • D. Schmidt: Modern Flight Dynamics • B. Stevens, F. Lewis: Aircraft Control and Simulation • D. McGruer, D. Graham, I. Ashkenas: Aircraft Dynamics and Automatic Control • SAE Aerospace Standard 94900 - Flight Control Systems • The MathWorks: Control Systems Design Toolbox User Guide

Lehrveranstaltung L2449: Flight Control Law Design and Application	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Frank Thielecke
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1724: Smart Monitoring

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Smart Monitoring (L2762)	Integrierte Vorlesung	2	2
Smart Monitoring (L2763)	Gruppenübung	2	4

Modulverantwortlicher	Prof. Kay Smarsly
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge or interest in object-oriented modeling, programming, and sensor technologies are helpful. Interest in modern research and teaching areas, such as Internet of Things, Industry 4.0 and cyber-physical systems, as well as the will to deepen skills of scientific working, are required. Basic knowledge in scientific writing and good English skills.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz *Wissen*	The students will become familiar with the principles and practices of smart monitoring. The students will be able to design decentralized smart systems to be applied for continuous (remote) monitoring of systems in the built and in the natural environment. In addition, the students will learn to design and to implement intelligent sensor systems using state-of-the-art data analysis techniques, modern software design concepts, and embedded computing methodologies. Besides lectures, project work is also part of this module, which will be conducted throughout the semester and will contribute to the grade. In small groups, the students will design smart monitoring systems that integrate a number of “intelligent” sensors to be implemented by the students. Specific focus will be put on the application of machine learning techniques. The smart monitoring systems will be mounted on real-world (built or natural) systems, such as bridges or slopes, or on scaled lab structures for validation purposes. The outcome of every group will be documented in a paper. All students of this module will “automatically” participate with their smart monitoring system in the annual "Smart Monitoring" competition. The written papers and oral examinations form the final grades. The module will be taught in English. Limited enrollment.
Fertigkeiten	
Personale Kompetenzen *Sozialkompetenz*	
Selbstständigkeit	
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	10 Seiten Ausarbeitung mit 15-minütigem Abgabegespräch
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Environment and Climate: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2762: Smart Monitoring

Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kay Smarsly
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	In this course, principles of smart monitoring will be taught, focusing on modern concepts of data acquisition, data storage, and data analysis. Also, fundamentals of intelligent sensors and embedded computing will be illuminated. Autonomous software and decentralized data processing are further crucial parts of the course, including concepts of the Internet of Things, Industry 4.0 and cyber-physical systems. Furthermore, measuring principles, data acquisition systems, data management and data analysis algorithms will be discussed. Besides the theoretical background, numerous practical examples will be shown to demonstrate how smart monitoring may advantageously be used for assessing the condition of systems in the built or natural environment.
Literatur	

Lehrveranstaltung L2763: Smart Monitoring	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kay Smarsly
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	The contents of the exercises are based on the lecture contents. In addition to the exercises, project work will be conducted throughout the semester, which will consume the majority of the workload. As part of the project work, students will design smart monitoring systems that will be tested in the laboratory or in the field. As mentioned in the module description, the students will participate in the “Smart Monitoring” competition, hosted annually by the Institute of Digital and Autonomous Construction. Students are encouraged to contribute their own ideas. The tools required to implement the smart monitoring systems will be taught in the group exercises as well as through external sources, such as video tutorials and literature.
Literatur	

Modul M0805: Technical Acoustics I (Acoustic Waves, Noise Protection, Psycho Acoustics)

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Technische Akustik I (Akustische Wellen, Lärmschutz, Psychoakustik) (L0516)	Vorlesung	2	3
Technische Akustik I (Akustische Wellen, Lärmschutz, Psychoakustik) (L0518)	Hörsaalübung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Benedikt Kriegesmann
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Mechanics I (Statics, Mechanics of Materials) and Mechanics II (Hydrostatics, Kinematics, Dynamics) Mathematics I, II, III (in particular differential equations)
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students possess an in-depth knowledge in acoustics regarding acoustic waves, noise protection, and psycho acoustics and are able to give an overview of the corresponding theoretical and methodical basis.
Fertigkeiten	The students are capable to handle engineering problems in acoustics by theory-based application of the demanding methodologies and measurement procedures treated within the module.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students can work in small groups on specific problems to arrive at joint solutions.
Selbstständigkeit	The students are able to independently solve challenging acoustical problems in the areas treated within the module. Possible conflicting issues and limitations can be identified and the results are critically scrutinized.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Luftfahrtsysteme: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung III. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0516: Technical Acoustics I (Acoustic Waves, Noise Protection, Psycho Acoustics)

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr.-Ing. Sören Keuchel
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	- Introduction and Motivation - Acoustic quantities - Acoustic waves - Sound sources, sound radiation - Sound engergy and intensity - Sound propagation - Signal processing - Psycho acoustics - Noise - Measurements in acoustics
Literatur	Cremer, L.; Heckl, M. (1996): Körperschall. Springer Verlag, Berlin Veit, I. (1988): Technische Akustik. Vogel-Buchverlag, Würzburg Veit, I. (1988): Flüssigkeitsschall. Vogel-Buchverlag, Würzburg

Lehrveranstaltung L0518: Technical Acoustics I (Acoustic Waves, Noise Protection, Psycho Acoustics)	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr.-Ing. Sören Keuchel
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Entwurf von Dependable Systems (L2000)	Vorlesung	2	3
Entwurf von Dependable Systems (L2001)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Görschwin Fey
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlegende Kenntnisse zu Datenstrukturen und Algorithmen
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Im Folgenden wird "Dependable" als Zusammenfassung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit, Sicherheit (Safety & Security) verwendet. Kenntnis von Ansätzen zum Entwurf von Dependable Systems, z.B. • Strukturelle Lösungen wie z.B. Modular Redundancy • Algorithmische Lösungen wie z.B. Behandlung Byzantinischer Fehler, Checkpointing, etc. Kenntnis von Methoden zur Analyse der Dependability von Systemen
Fertigkeiten	Fähigkeit zum Entwurf von Dependable Systems durch Implementierung der obigen Ansätze. Fähigkeit zur Analyse der Dependability von Systemen durch Anwendung der obigen Analysemethoden.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können • die jeweiligen Konzepte diskutieren und erläutern sowie • die Lösungen mündlich darstellen.
Selbstständigkeit	Studierende erlernen mittels Zusatzmaterial selbständig vertiefende Zusammenhänge der Konzepte aus der Vorlesung und erweiterte Lösungsverfahren.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** Ja; **Bonus** Keiner; **Art der Studienleistung** Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung; **Beschreibung** Die Lösung einer Aufgabe ist Zuslassungsvoraussetzung für die Prüfung. Die Aufgabe wird in Vorlesung und Übung definiert.
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2000: Entwurf von Dependable Systems	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Görschwin Fey
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Beschreibung Der Begriff „Dependability“ umfasst verschiedene Aspekte eines Systems. Dies sind typischer Weise: • Zuverlässigkeit • Verfügbarkeit • Wartbarkeit • Sicherheit - Safety & Security Damit ist Dependability ein zentraler Aspekt, der früh im Systementwurf betrachtet werden muss. Dies gilt für Software, Eingebette Systeme wie auch umfassende Cyber-Physical Systems. Inhalt Das Modul führt grundlegende Konzept zum Entwurf und zur Analyse von Dependable Systems ein. Entwurfsbeispiele dienen dazu, eigene praktische Erfahrung zu sammeln. Ein Schwerpunkt des Moduls liegt im Bereich eingebetteter Systeme. Folgende Gebiete werden betrachtet: • Modellierung • Fehlertoleranz • Entwurfskonzepte • Analyse von Systemen
Literatur	

Lehrveranstaltung L2001: Entwurf von Dependable Systems	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Görschwin Fey
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1894: Automatisierungstechnik und -systeme

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Automatisierungstechnik und -systeme (L2329)	Vorlesung	4	4
Automatisierungstechnik und -systeme (L2331)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	1
Automatisierungstechnik und -systeme (L2330)	Gruppenübung	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	keine Leistungsnachweise erforderlich
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können... • typische Komponenten der Automatisierungstechnik benennen und ihr Zusammenspiel erklären • Methoden zur systematischen Analyse von Automatisierungsaufgaben erläutern und anwenden • industrieroboterbasierten Automatisierungsysteme erlären
Fertigkeiten	Studierende sind in der Lage ... • komplexe Automatisierungsaufgaben zu analysieren • anwendungsorientierte Lösungskonzepte zu entwickeln. • Teilsysteme auszulegen und zu einem Gesamtsystem zusammenzuführen • Anlagen hinsichtlich der Grundlagen der Maschinensicherheit zu untersuchen und zu bewerten • Einfache Programme für Roboter und speicherprogrammierbare Steuerungen zu schreiben • Schaltpläne für einfache Pneumatikanwendungen zu lesen und zu erstellen
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können, ... • in Gruppen Lösungen für Aufgaben der Prozessautomatisierung und Handhabungstechnik erarbeiten. • im Produktionsumfeld mit Fachpersonal auf fachlicher Ebene Lösungen entwickeln und Entscheidungen vertreten.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig, ... • mit Hilfe von Hinweisen eigenständig Aufgaben der Automatisierung zu analysieren. • eigenständig Programme für Roboter oder speicherprogrammierbare Steuerungen zu erstellen. • mit Hilfe von Hinweisen eigenständig Lösungen für praktische Aufgaben der Automatisierung zu finden • eigenständig Sicherheitskonzepte für Automatisierungsanlagen zu entwickeln. • mögliche Konsequenzen ihres beruflichen Handelns und ihre Verantwortung einzuschätzen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** Nein; **Bonus** 20 %; **Art der Studienleistung** Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung; **Beschreibung** Die Studienleistung umfasst die Ergebnisse der PBL basierten Anteile des Moduls sowie der Präsentation in der Gruppe.
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2329: Automatisierungstechnik und -systeme

Typ	Vorlesung
SWS	4
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L2331: Automatisierungstechnik und -systeme	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L2330: Automatisierungstechnik und -systeme	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Thorsten Schüppstuhl
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1702: Process Imaging

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Prozessbildgebung (L2723)	Vorlesung	3	3
Prozessbildgebung (L2724)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Penn
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	No special prerequisites needed
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	**Content:** The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography, and (d) ultrasound imaging but also covers a range of more recent imaging modalities. The students will learn: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem. **Learning goals:** After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.
Fertigkeiten	
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	In the problem-based interactive course, students work in small teams and set up two process imaging systems and use these systems to measure relevant process parameters in different chemical and bioprocess engineering applications. The teamwork will foster interpersonal communication skills.
Selbstständigkeit	Students are guided to work in self-motivation due to the challenge-based character of this module. A final presentation improves presentation skills.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie- und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2723: Process Imaging	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

Lehrveranstaltung L2724: Process Imaging	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Penn, Dr. Stefan Benders
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	**Content:** The module focuses primarily on discussing established imaging techniques including (a) optical and infrared imaging, (b) magnetic resonance imaging, (c) X-ray imaging and tomography, and (d) ultrasound imaging and also covers a range of more recent imaging modalities. The students will learn: 1. what these imaging techniques can measure (such as sample density or concentration, material transport, chemical composition, temperature), 2. how the measurements work (physical measurement principles, hardware requirements, image reconstruction), and 3. how to determine the most suited imaging methods for a given problem. **Learning goals:** After the successful completion of the course, the students shall: 1. understand the physical principles and practical aspects of the most common imaging methods, 2. be able to assess the pros and cons of these methods with regard to cost, complexity, expected contrasts, spatial and temporal resolution, and based on this assessment 3. be able to identify the most suited imaging modality for any specific engineering challenge in the field of chemical and bioprocess engineering.
Literatur	Wang, M. (2015). Industrial Tomography. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. Available as e-book in the library of TUHH: https://katalog.tub.tuhh.de/Record/823579395

Modul M0692: Approximation und Stabilität

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Approximation und Stabilität (L0487)	Vorlesung	3	4
Approximation und Stabilität (L0488)	Gruppenübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Marko Lindner
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Lineare Algebra: lin. Gleichungssystem, lin. Ausgleichsproblem, Eigenwerte, Singulärwerte • Analysis: Folgen, Reihen, Differential- und Integralrechnung
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden können • funktionalanalytische Grundlagen (Hilbertraum, Operatoren) skizzieren und gegenüberstellen • Approximationsverfahren benennen und verstehen • Stabilitätsresultate angeben • spektrale Größen, Konditionszahlen, Regularisierungsmethoden diskutieren
Fertigkeiten	Die Studierenden können • funktionalanalytische Grundlagen (Hilbertraum, Operatoren) anwenden, • Approximationsverfahren anwenden, • Stabilitätsresultate anwenden, • spektrale Größen berechnen, • Regularisierungsmethoden anwenden
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden können fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und ihre Ergebnisse in geeigneter Weise vor der Gruppe präsentieren (z.B. als Seminarvortrag).
Selbstständigkeit	• Studierende können eigenständig ihr Verständnis mathematischer Konzepte überprüfen, noch offene Fragen auf den Punkt bringen und sich gegebenenfalls gezielt Hilfe holen. • Studierende haben eine genügend hohe Ausdauer entwickelt, um auch über längere Zeiträume an schwierigen Problemstellungen zu arbeiten.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Ja Keiner Referat
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	20 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0487: Approximation und Stabilität	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Marko Lindner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Es geht um die Lösung folgender Grundprobleme der linearen Algebra • lineare Gleichungssysteme, • lineare Ausgleichsprobleme, • Eigenwertprobleme in Funktionenräumen (d.h. in Vektorräumen mit unendlicher Dimension) durch stabile Approximation des Problems in einem Raum mit endlicher Dimension. **Ablauf:** • Crashkurs Hilbertraum: Metrik, Norm, Skalarprodukt, Vollständigkeit • Crashkurs Operatoren: Beschränktheit, Norm, Kompaktheit, Projektoren • gleichmäßige vs. starke Konvergenz, Approximationsverfahren • Anwendbarkeit / Stabilität von Approx.verfahren, Satz von Polski • Galerkinverfahren, Kollokation, Splineinterpolation, Abschneideverfahren • Faltungs- und Toeplitzoperatoren • Crashkurs C*-Algebren • Konvergenz von Konditionszahlen • Konvergenz spektraler Größen: Spektrum, Eigenwerte, Singulärwerte, Pseudospektrum • Regularisierungsverfahren (truncated SVD, Tichonov)
Literatur	• R. Hagen, S. Roch, B. Silbermann: C*-Algebras in Numerical Analysis • H. W. Alt: Lineare Funktionalanalysis • M. Lindner: Infinite matrices and their finite sections

Lehrveranstaltung L0488: Approximation und Stabilität	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Marko Lindner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0576)	Vorlesung	2	3
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0582)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Daniel Ruprecht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis & Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker. • Grundkenntnisse in MATLAB, Python oder einer vergleichbaren Programmiersprache.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können • numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen benennen und deren Kernideen erläutern, • Aussagen zur Konvergenz (inklusive der an das zugrundeliegende Problem gestellten Voraussetzungen) zu den behandelten numerischen Verfahren wiedergeben, • Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren erklären, • passende numerische Methoden für konkrete Probleme auswählen, implementieren und die numerischen Ergebnisse interpretieren.
Fertigkeiten	Studierende sind in der Lage, • numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen, • das Konvergenzverhalten numerischer Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen, • zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können • in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten, sich gegenseitig theoretische Grundlagen erklären sowie einander bei der praktischen Implementierung der Algorithmen unterstützen.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig, • selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen und • ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung I. Mathematics: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Interdisciplinary Mathematics: Vertiefung II. Numerical - Modelling Training: Pflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0576: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Daniel Ruprecht
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Numerische Verfahren für Anfangswertprobleme • Einschrittverfahren • Mehrschrittverfahren • Steife Probleme • Differentiell-algebraische Gleichungen vom Index 1 Numerische Verfahren für Randwertaufgaben • Mehrzielmethode • Differenzenverfahren
Literatur	• E. Hairer, S. Noersett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems. • E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems. • D. Griffiths, D. Higham: Numerical Methods for Ordinary Differential Equations.

Lehrveranstaltung L0582: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Daniel Ruprecht
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1772: Smart Sensors

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Smart Sensors (L2904)	Vorlesung	2	2
Smart Sensors Lab (L2905)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	4

Modulverantwortlicher	Prof. Ulf Kulau
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Eingebette Systeme • Technische Informatik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Forschungsschwerpunkte des Fachbereichs „Smart Sensors“ • Sensors and Sensor Applications • Signal Processing • Real-time data processing • Energy-efficient processing • Fault tolerance and embedded fault diagnosis • Integration aktueller Forschung in der Kurs Veranstaltungen: • Vorlesung (wöchentlich) zur Vermittlung theoretischer Inhalte • Begleitende Praktische Übung (Implementierung eines Sensorsystems mit integrierter Signalverarbeitung)
Fertigkeiten	
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	
Selbstständigkeit	
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	25 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Wireless and Sensor Technologies: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2904: Smart Sensors

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Ulf Kulau
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Inhalte: • Physikalische Messgrößen und Sensorik • Processing Units (MCUs, FPGAs, DSPs, HW-Accelerator) • Low-Power Processing, Fehlertoleranzmechanismen (in Bezug auf Sensoren) • Integrierte digitale Signalverarbeitung (Aggregation, Filter, Vorverarbeitung, Feature Detection) • Erweiterte integrierte Signalverarbeitung (Sensor Fusion, embedded AI) • Anwendungen und Trends in Smart Sensors
Literatur	

Lehrveranstaltung L2905: Smart Sensors Lab	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Ulf Kulau
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Kennenlernen einer ULP FPGA Plattform und anschließende... • Begleitende Praktische Übung (Implementierung eines Sensorsystems mit integrierter Signalverarbeitung) • Freie Aufgabe
Literatur	

Modul M1810: Autonomous Cyber-Physical Systems

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Autonomous Cyber-Physical Systems (L3000)	Vorlesung	2	3
Autonomous Cyber-Physical Systems (L3001)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Bernd-Christian Renner
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Very good knowledge and practical experience in programming in the C/C++ language (e.g., module: Procedural Programming for Computer Scientists) • Basic knowledge in software engineering • Basic knowledge in wired and wireless communication protocols • Principal understanding of simple electronic circuits
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Cyber-Physical Systems form the basis for many modern control tasks in automation and for methods for monitoring the environment, infrastructure, etc. Essential aspects in the implementation of such systems are their networking, especially based on wireless technologies, and their autonomous operation, especially on the basis of regenerative energy sources. After successfully attending this event, the students are able to • to present the special features of cyber-physical systems and the associated challenges and concepts, • describe and evaluate wired and wireless communication on different layers of the ISO/OSI model, • explain and compare methods of regenerative energy production, • discuss and evaluate procedures for the autonomous and self-sufficient operation of such systems.
Fertigkeiten	Students will be able to • to implement programs for cyber-physical systems in high-level languages and using existing libraries, • to assess which communication and networking protocols can be used most sensibly in which application and to use them in real scenarios, • select and implement suitable methods for adapting the tasks based on the energy consumption and the future expected energy yield, • plan and evaluate scientific experiments.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	After completing the module, the students are able to work on similar tasks alone or in a group and to present the results in a suitable way.
Selbstständigkeit	After completing the module, the students are able to independently work on sub-areas of the subject using specialist literature, to summarize and present the knowledge they have acquired and to link it to the content of other courses.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Nein 10 % Testate
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung II. Computer Science: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Wireless and Sensor Technologies: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L3000: Autonomous Cyber-Physical Systems

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L3001: Autonomous Cyber-Physical Systems	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0840: Optimal and Robust Control

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Optimale und robuste Regelung (L0658)	Vorlesung	2	3
Optimale und robuste Regelung (L0659)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Classical control (frequency response, root locus) • State space methods • Linear algebra, singular value decomposition
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Students can explain the significance of the matrix Riccati equation for the solution of LQ problems. • They can explain the duality between optimal state feedback and optimal state estimation. • They can explain how the H2 and H-infinity norms are used to represent stability and performance constraints. • They can explain how an LQG design problem can be formulated as special case of an H2 design problem. • They can explain how model uncertainty can be represented in a way that lends itself to robust controller design • They can explain how - based on the small gain theorem - a robust controller can guarantee stability and performance for an uncertain plant. • They understand how analysis and synthesis conditions on feedback loops can be represented as linear matrix inequalities.
Fertigkeiten	• Students are capable of designing and tuning LQG controllers for multivariable plant models. • They are capable of representing a H2 or H-infinity design problem in the form of a generalized plant, and of using standard software tools for solving it. • They are capable of translating time and frequency domain specifications for control loops into constraints on closed-loop sensitivity functions, and of carrying out a mixed-sensitivity design. • They are capable of constructing an LFT uncertainty model for an uncertain system, and of designing a mixed-objective robust controller. • They are capable of formulating analysis and synthesis conditions as linear matrix inequalities (LMI), and of using standard LMI-solvers for solving them. • They can carry out all of the above using standard software tools (Matlab robust control toolbox).
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students can work in small groups on specific problems to arrive at joint solutions.
Selbstständigkeit	Students are able to find required information in sources provided (lecture notes, literature, software documentation) and use it to solve given problems.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0658: Optimal and Robust Control	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	NN
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Optimal regulator problem with finite time horizon, Riccati differential equation • Time-varying and steady state solutions, algebraic Riccati equation, Hamiltonian system • Kalman's identity, phase margin of LQR controllers, spectral factorization • Optimal state estimation, Kalman filter, LQG control • Generalized plant, review of LQG control • Signal and system norms, computing H2 and H∞ norms • Singular value plots, input and output directions • Mixed sensitivity design, H∞ loop shaping, choice of weighting filters • Case study: design example flight control • Linear matrix inequalities, design specifications as LMI constraints (H2, H∞ and pole region) • Controller synthesis by solving LMI problems, multi-objective design • Robust control of uncertain systems, small gain theorem, representation of parameter uncertainty
Literatur	• Werner, H., Lecture Notes: "Optimale und Robuste Regelung" • Boyd, S., L. El Ghaoui, E. Feron and V. Balakrishnan "Linear Matrix Inequalities in Systems and Control", SIAM, Philadelphia, PA, 1994 • Skogestad, S. and I. Postlewhaite "Multivariable Feedback Control", John Wiley, Chichester, England, 1996 • Strang, G. "Linear Algebra and its Applications", Harcourt Brace Jovanovic, Orlando, FA, 1988 • Zhou, K. and J. Doyle "Essentials of Robust Control", Prentice Hall International, Upper Saddle River, NJ, 1998

Lehrveranstaltung L0659: Optimal and Robust Control	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	NN
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0803: Embedded Systems

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Eingebettete Systeme (L0805)	Vorlesung	3	3
Eingebettete Systeme (L2938)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	1
Eingebettete Systeme (L0806)	Gruppenübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Heiko Falk
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Computer Engineering
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Embedded systems can be defined as information processing systems embedded into enclosing products. This course teaches the foundations of such systems. In particular, it deals with an introduction into these systems (notions, common characteristics) and their specification languages (models of computation, hierarchical automata, specification of distributed systems, task graphs, specification of real-time applications, translations between different models). Another part covers the hardware of embedded systems: Sonsors, A/D and D/A converters, real-time capable communication hardware, embedded processors, memories, energy dissipation, reconfigurable logic and actuators. The course also features an introduction into real-time operating systems, middleware and real-time scheduling. Finally, the implementation of embedded systems using hardware/software co-design (hardware/software partitioning, high-level transformations of specifications, energy-efficient realizations, compilers for embedded processors) is covered.
Fertigkeiten	After having attended the course, students shall be able to realize simple embedded systems. The students shall realize which relevant parts of technological competences to use in order to obtain a functional embedded systems. In particular, they shall be able to compare different models of computations and feasible techniques for system-level design. They shall be able to judge in which areas of embedded system design specific risks exist.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to solve similar problems alone or in a group and to present the results accordingly.
Selbstständigkeit	Students are able to acquire new knowledge from specific literature and to associate this knowledge with other classes.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** / **Bonus** / **Art der Studienleistung** / **Beschreibung** Ja / 10 % / Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten, Inhalte der Vorlesung und Übungen
Zuordnung zu folgenden Curricula	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Pflicht Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Engineering Science: Vertiefung Mechatronics: Wahlpflicht Engineering Science: Vertiefung Elektrotechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Mechatronics: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronik: Vertiefung Schiffstechnik: Pflicht Mechatronik: Vertiefung Elektrische Systeme: Pflicht Mechatronik: Vertiefung Dynamische Systeme und AI: Pflicht Mechatronik: Vertiefung Roboter- und Maschinensysteme: Pflicht Mechatronik: Vertiefung Medizintechnik: Pflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0805: Embedded Systems	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction • Specifications and Modeling • Embedded/Cyber-Physical Systems Hardware • System Software • Evaluation and Validation • Mapping of Applications to Execution Platforms • Optimization
Literatur	• Peter Marwedel. Embedded System Design - Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. 2 nd Edition, Springer, 2012., Springer, 2012.

Lehrveranstaltung L2938: Embedded Systems	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Introduction • Specifications and Modeling • Embedded/Cyber-Physical Systems Hardware • System Software • Evaluation and Validation • Mapping of Applications to Execution Platforms • Optimization
Literatur	• Peter Marwedel. Embedded System Design - Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. 2 nd Edition, Springer, 2012., Springer, 2012.

Lehrveranstaltung L0806: Embedded Systems	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1143: Applied Design Methodology in Mechatronics

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Praktische Entwicklungsmethodik in der Mechatronik (L1523)	Vorlesung	2	2
Praktische Entwicklungsmethodik in der Mechatronik (L1524)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	4

Modulverantwortlicher	Prof. Thorsten Kern
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Basics of mechanical design, electrical design or computer-sciences
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Science-based working on interdisciplinary product design considering targeted application of specific product design techniques
Fertigkeiten	Creative handling of processes used for scientific preparation and formulation of complex product design problems / Application of various product design techniques following theoretical aspects.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students will solve and execute technical-scientific tasks from an industrial context in small design-teams with application of common, creative methodologies.
Selbstständigkeit	Students are enabled to optimize the design and development process according to the target and topic of the design Students are educated to operate in a development team Students learn about the right application of creative methods in engineering.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
Prüfungsdauer und -umfang	30 min Gespräch zu einer Gruppen-Entwicklungsarbeit
Zuordnung zu folgenden Curricula	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1523: Applied Design Methodology in Mechatronics	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Thorsten Kern
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Systematic analysis and planning of the design process for products combining a multitude of disciplines • Structure of the engineering process with focus on engineering steps (task-definition, functional decomposition, physical principles, elements for solution, combination to systems and products, execution of design, component-tests, system-tests, product-testing and qualification/validation) • Creative methods (Basics, methods like lead-user-method, 6-3-5, BrainStorming, Intergalactic Thinking, ... - Applications in examples all around mechatronics topics) • Several design-supporting methods and tools (functional strcutures, GALFMOS, AEIOU-method, GAMPFT, simulation and its application, TRIZ, design for SixSigma, continous integration and testing, ...) • Evaluation and final selection of solution (technical and business-considerations, preference-matrix, pair-comparision), dealing with uncertainties, decision-making • Value-analysis • Derivation of architectures and architectural management • Project-tracking and -guidance (project-lead, guiding of employees, organization of multidisciplinary R&D departments, idea-identification, responsibilities and communication) • Project-execution methods (Scrum, Kanbaan, ...) • Presentation-skills • Questions of aesthetic product design and design for subjective requirements (industrial design, color, haptic/optic/acoustic interfaces) • Evaluation of selected methods at practical examples in small teams
Literatur	• Definition folgt... • Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre: Grundlage erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung, 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2007 • VDI-Richtlinien: 2206; 2221ff

Lehrveranstaltung L1524: Applied Design Methodology in Mechatronics	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Thorsten Kern
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Software für Eingebettete Systeme (L1069)	Vorlesung	2	3
Software für Eingebettete Systeme (L1070)	Gruppenübung	3	3

Modulverantwortlicher	Prof. Bernd-Christian Renner
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Sehr gute Kenntnisse und praktische Erfahrung in der Programmiersprache C und des Kompilierprozesses • Grundkenntnisse in Softwaretechnik • Prinzipielles Verständnis von Assembler Sprachen • Grundkenntnisse der Elektrotechnik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Die Student:innen können die grundlegende Prinzipien und Vorgehensweisen für die Erstellung von Software für eingebettete Systeme erklären. • Sie sind in der Lage, ereignisbasierte Programmiertechniken mittels Interrupts zu beschreiben. • Sie kennen den Aufbau und die Funktion eines konkreten Mikrocontrollers. • Die Teilnehmer:innen sind in der Lage, Anforderungen an Echtzeitsysteme zu erläutern. • Sie können mindestens drei Scheduling-Algorithmen für Echzeitbetriebssysteme erläutern (einschließlich Vor- und Nachteile)
Fertigkeiten	• Die Studierenden entwerfen und schreiben hardwareorientierte Softwaremodule für ein eingebettetes System auf Basis eines bestimmten Mikrocontrollers • Sie lernen, mit Peripheriegeräten (Timer, ADC, EEPROM) zu interagieren, einschließlich Interrupt-basierter Verarbeitung und Programmablauf. • Sie bauen und verwenden einen (preemptiven) Scheduler für ein eingebettetes System. • Sie lernen unabhängige, wiederverwendbare Softwarekomponenten zu schreiben.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Die Student:innen können lösungsorientiert in heterogenen Kleingruppen arbeiten. • Sie erlernen und vertiefen die gegenseitige Unterstützung im Team. • Sie erlernen das Definieren und Verteilen von Aufgaben innerhalb der Gruppe.
Selbstständigkeit	Die Student:innen sind in der Lage, • mit Hilfe von Hinweisen eigenständig Aufgaben zu lösen. • Softwarekomponenten für ein eingebettetes System auf Grundlage einer textuellen Beschreibung eigenständig zu entwerfen, zu implementieren und zu testen. • Datenblätter und Anleitungen von elektronischen Komponenten (wie z.B. Mikrocontroller und Sensoren) zu lesen und zu verstehen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** Nein; **Bonus** 10 %; **Art der Studienleistung** Testate; **Beschreibung**
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung II. Computer Science: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1069: Software für Eingebettete Systeme	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• General-Purpose Processors • Programming the Atmel AVR • Interrupts • C für Embedded Systems • Standard Single Purpose Processors: Peripherals • Finite-State Machines • Speicher • Betriebssystem für Eingebettete Systeme • Echtzeit Eingebettete Systeme
Literatur	1. Embedded System Design, F. Vahid and T. Givargis, John Wiley 2. Programming Embedded Systems: With C and Gnu Development Tools, M. Barr and A. Massa, O'Reilly 3. C und C++ für Embedded Systems, F. Bollow, M. Homann, K. Köhn, MITP 4. The Art of Designing Embedded Systems, J. Ganssle, Newnses 5. Mikrocomputertechnik mit Controllern der Atmel AVR-RISC-Familie, G. Schmitt, Oldenbourg 6. Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software, E. White, O'Reilly

Lehrveranstaltung L1070: Software für Eingebettete Systeme	
Typ	Gruppenübung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1302: Angewandte Humanoide Robotik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Angewandte Humanoide Robotik (L1794)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	6	6

Modulverantwortlicher	Patrick Göttsch
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Objektorientierte Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen • Grundlagen der Regelungstechnik • Control systems theory and design • Mechanik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Die Studierenden können Eigenschaften der humanoiden Robotik nennen und erläutern. • Die Studierenden können die grundlegenden Theorien, Zusammenhänge und Methoden der Vorwärts- & Rückwärtskinematik von humanoiden Robotersystemen erklären. • Die Studierenden können Regelkonzepte für verschiedene Aufgaben der Humanoiden Robotik anwenden.
Fertigkeiten	• Die Studierenden können die Modelle der Systeme der humanoiden Robotik in Matlab und C++ implementieren und diese Modelle für Bewegungen des Roboters oder andere Aufgaben nutzen. • Sie sind in der Lage die Modelle in Matlab für Simulationen zu nutzen und dann ggf. auch mit C++ Code auf dem realen Robotersystem zu testen. • Sie sind darüber hinaus in der Lage, für eine abstrakte Aufgabenstellung, für die es keine standardisierte Lösung gibt, Methoden auszuwählen, die zu gewünschten Ergebnissen führen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Die Studierenden können in fachlich gemischten Teams gemeinsame Lösungen entwickeln und diese vor anderen vertreten. • Sie sind in der Lage angemessenes Feedback zu geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umzugehen.
Selbstständigkeit	• Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Lehrveranstaltung zu setzen. • Sie können sich eigenständig Aufgaben definieren und geeignete Mittel zur Umsetzung einsetzen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	5-10 Seiten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung III. Applications: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1794: Angewandte Humanoide Robotik

Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	6
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Dozenten	Patrick Göttsch
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	• Grundlagen der Kinematik • Grundlagen der statischen und dynamischen Stabilität humanoider Robotersysteme • Verknüpfung verschiedener Entwicklungsumgebungen (Matlab, C++, etc.) • Einarbeitung in die notwendigen Frameworks • Bearbeitung einer Projektaufgabe im Team • Präsentation und Demonstration von Zwischen- und Endergebnissen
Literatur	• B. Siciliano, O. Khatib. "Handbook of Robotics. Part A: Robotics Foundations", Springer (2008)

Modul M0627: Machine Learning and Data Mining

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Maschinelles Lernen und Data Mining (L0340)	Vorlesung	2	4
Maschinelles Lernen und Data Mining (L0510)	Gruppenübung	2	2

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Calculus • Stochastics
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Students can explain the difference between instance-based and model-based learning approaches, and they can enumerate basic machine learning technique for each of the two basic approaches, either on the basis of static data, or on the basis of incrementally incoming data . For dealing with uncertainty, students can describe suitable representation formalisms, and they explain how axioms, features, parameters, or structures used in these formalisms can be learned automatically with different algorithms. Students are also able to sketch different clustering techniques. They depict how the performance of learned classifiers can be improved by ensemble learning, and they can summarize how this influences computational learning theory. Algorithms for reinforcement learning can also be explained by students.
Fertigkeiten	Student derive decision trees and, in turn, propositional rule sets from simple and static data tables and are able to name and explain basic optimization techniques. They present and apply the basic idea of first-order inductive leaning. Students apply the BME, MAP, ML, and EM algorithms for learning parameters of Bayesian networks and compare the different algorithms. They also know how to carry out Gaussian mixture learning. They can contrast kNN classifiers, neural networks, and support vector machines, and name their basic application areas and algorithmic properties. Students can describe basic clustering techniques and explain the basic components of those techniques. Students compare related machine learning techniques, e.g., k-means clustering and nearest neighbor classification. They can distinguish various ensemble learning techniques and compare the different goals of those techniques.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	
Selbstständigkeit	
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0340: Machine Learning and Data Mining	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Rainer Marrone
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Decision trees • First-order inductive learning • Incremental learning: Version spaces • Uncertainty • Bayesian networks • Learning parameters of Bayesian networks BME, MAP, ML, EM algorithm • Learning structures of Bayesian networks • Gaussian Mixture Models • kNN classifier, neural network classifier, support vector machine (SVM) classifier • Clustering Distance measures, k-means clustering, nearest neighbor clustering • Kernel Density Estimation • Ensemble Learning • Reinforcement Learning • Computational Learning Theory
Literatur	1. Artificial Intelligence: A Modern Approach (Third Edition), Stuart Russel, Peter Norvig, Prentice Hall, 2010, Chapters 13, 14, 18-21 2. Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press 2012

Lehrveranstaltung L0510: Machine Learning and Data Mining	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Rainer Marrone
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1156: Systems Engineering

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Systems Engineering (L1547)	Vorlesung	3	4
Systems Engineering (L1548)	Hörsaalübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Ralf God
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlegende Kenntnisse in: • Mathematik • Mechanik • Thermodynamik • Elektrotechnik • Regelungstechnik Vorkenntnisse in: • Flugzeug-Kabinensysteme
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können: • Vorgehensmodelle, Methoden und Werkzeuge für das Systems Engineering zur Entwicklung komplexer Systeme verstehen • Innovationsprozesse und die Notwendigkeit des Technologiemanagements beschreiben • den Flugzeug-Entwicklungsprozess und den Vorgang der Musterzulassung bei Flugzeugen erläutern • den System-Entwicklungsprozess inklusive der Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Systemen erklären • die Umgebungs- und Einsatzbedingungen von Luftfahrtausrüstung mit den entsprechenden Testanforderungen benennen • die Methodik des Requirements-Based Engineering (RBE) und des Model-Based Requirements Engineering (MBRE) einschätzen
Fertigkeiten	Studierende können: • das Vorgehen zur Entwicklung eines komplexen Systems planen • die Entwicklungsphasen und Entwicklungsaufgaben organisieren • erforderliche Geschäfts- und Technikprozesse zuordnen • Werkzeuge und Methoden des Systems Engineering anwenden
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können: • ihre Aufgaben innerhalb eines Entwicklungsteams verstehen und annehmen • sich mit ihrer Rolle ihre Aufgaben in den Gesamtprozess einordnen • ihre Lieferanten und Kunden in großen Projekten verstehen und bedienen • Verantwortung für Mensch und Technik bei der Entwicklung sicherheitskritischer Systeme übernehmen
Selbstständigkeit	Studierende können: • in einem Entwicklungsteam mit Aufgabenteilung interagieren und kommunizieren • eigenständig Bauvorschriften recherchieren und identifizieren • alleine Anforderungen formulieren • von sich aus Testpläne erstellen und Zulassungen begleiten
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 Minuten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Luftfahrtsysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Pflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Flugzeug-Systemtechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1547: Systems Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Ralf God
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Ziel der Vorlesung mit der zugehörigen Übung ist die Schaffung von Voraussetzungen für die Entwicklung und Integration von komplexen Systemen am Beispiel von Verkehrsflugzeugen und Kabinensystemen. Es soll Prozess-, Werkzeug- und Methodenkompetenz erreicht werden. Vorschriften, Richtlinien und Zulassungsaspekte sollen bekannt sein. Schwerpunkte der Vorlesung bilden die Prozesse beim Innovations- und Technologiemanagement, der Systementwicklung, Systemintegration und der Zulassung sowie Werkzeuge und Methoden für das Systems Engineering: • Innovationsprozesse • IP-Schutz • Technologiemanagement • Systems Engineering • Flugzeug-Entwicklungsprozess • Themen der Zulassung • System-Entwicklungsprozess • Sicherheitsziele und Fehlertoleranz • Umgebungs- und Einsatzbedingungen • Werkzeuge und Methoden für das Systems Engineering • Requirements-Based Engineering (RBE) • Model-Based Requirements Engineering (MBRE)
Literatur	- Skript zur Vorlesung - diverse Normen und Richtlinien (EASA, FAA, RTCA, SAE) - Hauschildt, J., Salomo, S.: Innovationsmanagement. Vahlen, 5. Auflage, 2010 - NASA Systems Engineering Handbook, National Aeronautics and Space Administration, 2007 - Hinsch, M.: Industrielles Luftfahrtmanagement: Technik und Organisation luftfahrttechnischer Betriebe. Springer, 2010 - De Florio, P.: Airworthiness: An Introduction to Aircraft Certification. Elsevier Ltd., 2010 - Pohl, K.: Requirements Engineering. Grundlagen, Prinzipien, Techniken. 2. korrigierte Auflage, dpunkt.Verlag, 2008

Lehrveranstaltung L1548: Systems Engineering	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Ralf God
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1340: Einführung in Wellenleiter, Antennen und Elektromagnetische Verträglichkeit

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Einführung in Wellenleiter, Antennen und Elektromagnetische Verträglichkeit (L1669)	Vorlesung	3	4
Einführung in Wellenleiter, Antennen und Elektromagnetische Verträglichkeit (L1877)	Gruppenübung	2	2

Modulverantwortlicher	Prof. Christian Schuster
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Physik und Elektrotechnik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden können die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Methoden im Bereich des Entwurfs von Wellenleitern und Antennen sowie der Elektromagnetischen Verträglichkeit wiedergeben und erklären. Spezifische Themen sind: - Fundamentale Eigenschaften und Phänome elektrischer Schaltungen - Wechselstromanalyse elektrischer Schaltungen - Fundamentale Eigenschaften und Phänome elektromagnetischer Felder und Wellen - Beschreibung elektromagnetischer Felder und Wellen bei zeitlich harmonischer Anregung - Nützliche Hochfrequenz-Netzwerkparameter - Elektrisch lange Leitungen und wichtige Ergebnisse der Leitungstheorie - Ausbreitung, Superposition, Reflektion und Brechung ebener Wellen - Allgemeine Theorie der Wellenleiter - Wichtigste Bauformen von Wellenleitern und ihre Eigenschaften - Abstrahlung und grundlegende Antennenparameter - Wichtigste Bauformen von Antennen und ihre Eigenschaften - Numerische Methoden und CAD-Werkzeuge des Wellenleiter- und Antennenentwurfs - Prinzipien der Elektromagnetischen Verträglichkeit - Kopplungsmechanismen und Gegenmaßnahmen - Schirmung, Erdung, Filterung - Standards und Regulatorisches - EMV-Messtechniken
Fertigkeiten	Die Studierenden können eine Reihe von Verfahren und Modellen zur Beschreibung und zur Auswahl von Wellenleitern und Antennen anwenden. Dafür können Sie deren elementare elektromagnetische Eigenschaften einschätzen und beurteilen. Sie können Erkenntnisse und Strategien aus dem Feld der Elektromagnetischen Verträglichkeit auf die Entwicklung von elektrischen Komponenten und Systemen anwenden.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise auf Englisch präsentieren (z.B. während Kleingruppenübungen).
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind in der Lage, Informationen aus einschlägigen Fachpublikationen zu gewinnen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Theoretischer Elektrotechnik, Grundlagen der Elektrotechnik oder Physik) zu verknüpfen. Sie können technische Probleme und physikalische Effekte auf Englisch diskutieren.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	45 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Elektrotechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Engineering Science: Vertiefung Elektrotechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1669: Einführung in Wellenleiter, Antennen und Elektromagnetische Verträglichkeit	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Diese Vorlesung ist gedacht als Einführung in die Gebiete der Wellenausbreitung, -führung, - aussendung, und -empfang sowie der Elektromagnetischen Verträglichkeit. Die Themen der Vorlesung werden von Nutzen sein für alle Ingenieure/-innen, die technische Herausforderungen im Bereich der hochfrequenten / hochratigen Übermittlung von Daten in solchen Gebieten wie Medizintechnik, Automobiltechnik oder Avionik meistern müssen. Sowohl Schaltungs- als auch Feldkonzepte der Wellenausbreitung und der Elektromagnetischen Verträglichkeit werden eingeführt und besprochen. Themen: - Fundamentale Eigenschaften und Phänome elektrischer Schaltungen - Wechselstromanalyse elektrischer Schaltungen - Fundamentale Eigenschaften und Phänome elektromagnetischer Felder und Wellen - Beschreibung elektromagnetischer Felder und Wellen bei zeitlich harmonischer Anregung - Nützliche Hochfrequenz-Netzwerkparameter - Elektrisch lange Leitungen und wichtige Ergebnisse der Leitungstheorie - Ausbreitung, Superposition, Reflektion und Brechung ebener Wellen - Allgemeine Theorie der Wellenleiter - Wichtigste Bauformen von Wellenleitern und ihre Eigenschaften - Abstrahlung und grundlegende Antennenparameter - Wichtigste Bauformen von Antennen und ihre Eigenschaften - Numerische Methoden und CAD-Werkzeuge des Wellenleiter- und Antennenentwurfs - Prinzipien der Elektromagnetischen Verträglichkeit - Kopplungsmechanismen und Gegenmaßnahmen - Schirmung, Erdung, Filterung - Standards und Regulatorisches - EMV-Messtechniken
Literatur	- Zinke, Brunswig, "Hochfrequenztechnik 1", Springer (1999) - J. Detlefsen, U. Siart, "Grundlagen der Hochfrequenztechnik", Oldenbourg (2012) - D. M. Pozar, "Microwave Engineering", Wiley (2011) - Y. Huang, K. Boyle, "Antenna: From Theory to Practice", Wiley (2008) - H. Ott, "Electromagnetic Compatibility Engineering", Wiley (2009) - A. Schwab, W. Kürner, "Elektromagnetische Verträglichkeit", Springer (2007)

Lehrveranstaltung L1877: Einführung in Wellenleiter, Antennen und Elektromagnetische Verträglichkeit	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0752: Nichtlineare Dynamik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Nichtlineare Dynamik (L0702)	Integrierte Vorlesung	4	6

Modulverantwortlicher	Prof. Norbert Hoffmann
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Analysis • Lineare Algebra • Technische Mechanik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Studierende sind in der Lage bestehende Begriffe und Konzepte der Nichtlinearen Dynamik wiederzugeben und neue Begriffe und Konzepte zu entwickeln. • Studierende sind in der Lage Methoden der Modellierung und Analyse nichtlinearer dynamischer Systeme zu benennen und weiter zu entwickeln.
Fertigkeiten	• Studierende sind in der Lage bestehende Verfahren und Methoden der Analyse nichtlinearer dynamischer Systeme anzuwenden. • Studierende sind in der Lage neue Verfahren und Methoden zur Modellierung und Berechnung nichtlinearer Systeme zu entwickeln.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Studierende können Probleme der nichtlinearen Dynamik auch in Gruppen analysieren. • Studierende können Lösungsansätze für Probleme bei nichtlinearen dynamischen Systemen auch in Gruppen erzielen.
Selbstständigkeit	• Studierende können eigenständig vorgegebene Forschungsaufgaben der nichtlinearen Dynamik mit vorliegenden Methoden angehen. • Studierende können selbstständig neue Forschungsaufgaben der nichtlinearen Dynamik identifizieren und bearbeiten.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	2 Stunden
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0702: Nichtlineare Dynamik

Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	4
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Norbert Hoffmann
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe

Inhalt	Grundlagen der Nichtlinearen Dynamik
	• Eindimensionale Probleme
	  ◦ Lineare Stabilität
	  ◦ Lokale Bifurkationen
	  ◦ Synchronisation
	• Zweidimensionale Probleme
	  ◦ Grenzzykel
	  ◦ Globale Bifurkationen
	• Chaos
	  ◦ Lorenz-Gleichungen
	  ◦ Fraktale und Seltsame Attraktoren
	  ◦ Vorhersagehorizonte

Literatur	Steven Strogatz: Nonlinear Dynamics and Chaos.

Modul M1248: Compiler für Eingebettete Systeme

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Compiler für Eingebettete Systeme (L1692)	Vorlesung	3	4
Compiler für Eingebettete Systeme (L1693)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Heiko Falk
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Modul "Eingebettete Systeme" C/C++ Programmierkenntnisse
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Bedeutung Eingebetteter Systeme steigt von Jahr zu Jahr. Innerhalb Eingebetteter Systeme steigt der Software-Anteil, der auf Prozessoren ausgeführt wird, aufgrund geringerer Kosten und höherer Flexibilität ebenso kontinuierlich. Wegen der besonderen Einsatzgebiete Eingebetteter Systeme kommen hier hochgradig spezialisierte Prozessoren zum Einsatz, die applikationsspezifisch auf ihr jeweiliges Einsatzgebiet ausgerichtet sind. Diese hochgradig spezialisierten Prozessoren stellen hohe Anforderungen an einen Compiler, der Code von hoher Qualität generieren soll. Nach erfolgreichem Besuch der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, • Struktur und Aufbau derartiger Compiler aufzuzeigen, • interne Zwischendarstellungen auf verschiedenen Abstraktionsniveaus zu unterscheiden und zu erklären, und • Probleme und Optimierungen in allen Compilerphasen zu beurteilen. Wegen der hohen Anforderungen an Compiler für Eingebettete Systeme sind effektive Optimierungen unerlässlich. Die Studierenden lernen insbes., • welche Arten von Optimierungen es auf Quellcode-Niveau gibt, • wie die Übersetzung von der Quellsprache nach Assembler abläuft, • welche Arten von Optimierungen auf Assembler-Niveau durchzuführen sind, • wie die Registerallokation vonstatten geht, und • wie Speicherhierarchien effizient ausgenutzt werden. Da Compiler für Eingebettete Systeme oft verschiedene Zielfunktionen optimieren sollen (z.B. durchschnittliche oder worst-case Laufzeit, Energieverbrauch, Code-Größe), lernen die Studierenden den Einfluss von Optimierungen auf diese verschiedenen Zielfunktionen zu beurteilen.
Fertigkeiten	Studierende werden in die Lage versetzt, hochsprachlichen Programmcode in Maschinensprache zu übersetzen. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zu beurteilen, welche Art von Code-Optimierung innerhalb eines Compilers am effektivsten auf welchem Abstraktionsniveau (bspw. Quell- oder Assemblercode) durchzuführen ist. Während der Übungen erwerben die Studierenden die Fähigkeit, einen funktionierenden Compiler mitsamt Optimierungen zu implementieren.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, ähnliche Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachliteratur selbständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen zusammenzufassen, zu präsentieren und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1692: Compiler für Eingebettete Systeme	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Einleitung und Motivation • Compiler für Eingebettete Systeme - Anforderungen und Abhängigkeiten • Interne Struktur von Compilern • Pre-Pass Optimierungen • HIR Optimierungen und Transformationen • Code-Generierung • LIR Optimierungen und Transformationen • Register-Allokation • WCET-bewusste Code-Generierung • Ausblick
Literatur	• Peter Marwedel. Embedded System Design - Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. 2 nd Edition, Springer, 2012. • Steven S. Muchnick. Advanced Compiler Design and Implementation. Morgan Kaufmann, 1997. • Andrew W. Appel. Modern compiler implementation in C. Oxford University Press, 1998.

Lehrveranstaltung L1693: Compiler für Eingebettete Systeme	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1211: Studienarbeit Mechatronics

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP

Modulverantwortlicher	Dozenten des Studiengangs
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Lehrinhalte des Studiengangs.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden können ihre Detailkenntnisse im Gebiet der Mechatronik demonstrieren. Sie können zum Stand von Entwicklung und Anwendung Beispiele geben und diese kritisch unter Berücksichtigung aktueller Probleme und Rahmenbedingungen in Wissenschaft und Gesellschaft diskutieren. Die Studierenden sind in der Lage, für eine grundlagenorientierte, praktische Fragestellung aus dem Bereich der Mechatronik eigenständig eine Lösungsstrategie zu definieren und einzelne Lösungsansätze zu skizzieren. Dabei können sie theorieorientiert vorgehen und aktuelle sicherheitstechnische, ökologische, ethische und wirtschaftliche Gesichtspunkte nach dem Stand der Wissenschaft und zugehöriger gesellschaftlicher Diskussionen einbeziehen. Wissenschaftliche Arbeitstechniken, die sie zur eigenen Projektbearbeitung gewählt haben, können sie detailliert darlegen und kritisch erörtern.
Fertigkeiten	Die Studierenden sind in der Lage, zur Projektbearbeitung selbständig Methoden auszuwählen und diese Auswahl zu begründen. Sie können darlegen, wie sie die Methoden auf das spezifische Anwendungsfeld beziehen und hierfür an den Anwendungskontext anpassen. Über das Projekt hinaus weisende Ergebnisse sowie Weiterentwicklungen können sie in Grundzügen skizzieren.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden können die Relevanz und den Zuschnitt ihrer Projektaufgabe, die Arbeitsschritte und Teilprobleme für die Diskussion und Erörterung in größeren Gruppen aufbereiten, die Diskussionen anleiten und Kolleginnen und Kollegen Rückmeldung zu ihren Projekten geben.
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind fähig, die zur Bearbeitung der Projektarbeit notwendigen Arbeitsschritte und Abläufe selbständig unter Berücksichtigung vorgegebener Fristen zu planen und zu dokumentieren. Hierzu gehört, dass sie sich aktuelle wissenschaftliche Informationen zielorientiert beschaffen können. Ferner sind sie in der Lage, bei Fachexperten Rückmeldungen zum Arbeitsfortschritt einzuholen, um hochwertige, auf den Stand von Wissenschaft und Technik bezogene Arbeitsergebnisse zu erreichen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 360, Präsenzstudium 0
Leistungspunkte	12
Studienleistung	Keine
Prüfung	Studienarbeit
Prüfungsdauer und -umfang	lt. FSPO
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht

Modul M0836: Communication Networks

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Ausgewählte Themen der Kommunikationsnetze (L0899)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
Kommunikationsnetze (L0897)	Vorlesung	2	2
Übung Kommunikationsnetze (L0898)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Andreas Timm-Giel
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Fundamental stochastics • Basic understanding of computer networks and/or communication technologies is beneficial
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Students are able to describe the principles and structures of communication networks in detail. They can explain the formal description methods of communication networks and their protocols. They are able to explain how current and complex communication networks work and describe the current research in these examples.
Fertigkeiten	Students are able to evaluate the performance of communication networks using the learned methods. They are able to work out problems themselves and apply the learned methods. They can apply what they have learned autonomously on further and new communication networks.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to define tasks themselves in small teams and solve these problems together using the learned methods. They can present the obtained results. They are able to discuss and critically analyse the solutions.
Selbstständigkeit	Students are able to obtain the necessary expert knowledge for understanding the functionality and performance capabilities of new communication networks independently.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Referat
Prüfungsdauer und -umfang	1,5 Stunden Kolloquium mit je drei Prüflingen, also ca. 30 min je Prüfling. Inhalt des Kolloquiums sind die Poster der vorhergehenden Postersession sowie die Lehrinhalte.
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0899: Selected Topics of Communication Networks

Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr.-Ing. Koojana Kuladinithi
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Example networks selected by the students will be researched on in a PBL course by the students in groups and will be presented in a poster session at the end of the term.
Literatur	• see lecture

Lehrveranstaltung L0897: Communication Networks	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr.-Ing. Koojana Kuladinithi
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	• Skript des Instituts für Kommunikationsnetze • Tannenbaum, Computernetzwerke, Pearson-Studium Further literature is announced at the beginning of the lecture.

Lehrveranstaltung L0898: Communication Networks Excercise	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr.-Ing. Koojana Kuladinithi
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Part of the content of the lecture Communication Networks are reflected in computing tasks in groups, others are motivated and addressed in the form of a PBL exercise.
Literatur	• announced during lecture

Modul M1598: Bildverarbeitung

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Bildverarbeitung (L2443)	Vorlesung	2	4
Bildverarbeitung (L2444)	Gruppenübung	2	2

Modulverantwortlicher	Prof. Tobias Knopp
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Signal und Systeme
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden kennen • Visuelle Wahrnehmung • Mehrdimensionale Signalverarbeitung • Abtastung und Abtasttheorem • Filterung • Bildverbesserung • Kantendetektion • Mehrfachauflösende Verfahren: Gauss- und Laplace-Pyramide, Wavelets • Bildkompression • Segmentierung • Morphologische Bildverarbeitung
Fertigkeiten	Die Studierenden können • multidimensionale Bilddaten analysieren, bearbeiten, verbessern • einfache Kompressionsalgorithmen implementieren • eigene Filter für konkrete Anwendungen entwerfen
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden können in sowohl selbstständig als auch in Teams an komplexen Problemen arbeiten. Sie können sich untereinander austauschen und ihre individuellen Stärken zur Lösung des Problems einbringen.
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind in der Lage ein komplexes Problem eigenständig zu untersuchen und einzuschätzen, welche Kompetenzen zur Lösung des Problems benötigt werden.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Data Science: Kernqualifikation: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung I. Mathematik/Informatik: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung II. Computer Science: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2443: Bildverarbeitung	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Tobias Knopp
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Visuelle Wahrnehmung • Mehrdimensionale Signalverarbeitung • Abtastung und Abtasttheorem • Filterung • Bildverbesserung • Kantendetektion • Mehrfachauflösende Verfahren: Gauss- und Laplace-Pyramide, Wavelets • Bildkompression • Segmentierung • Morphologische Bildverarbeitung
Literatur	Bredies/Lorenz, Mathematische Bildverarbeitung, Vieweg, 2011 Pratt, Digital Image Processing, Wiley, 2001 Bernd Jähne: Digitale Bildverarbeitung - Springer, Berlin 2005

Lehrveranstaltung L2444: Bildverarbeitung	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Tobias Knopp
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1048: Integrated Circuit Design

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Entwurf Integrierter Schaltungen (L0691)	Vorlesung	3	4
Entwurf Integrierter Schaltungen (L0998)	Gruppenübung	1	2

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of (solid-state) physics and mathematics. Knowledge in fundamentals of electrical engineering and electrical networks.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Students can explain basic concepts of electron transport in semiconductor devices (energy bands, generation/recombination, carrier concentrations, drift and diffusion current densities, semiconductor device equations). • Students are able to explain functional principles of pn-diodes, MOS capacitors, and MOSFETs using energy band diagrams. • Students can present and discuss current-voltage relationships and small-signal equivalent circuits of these devices. • Students can explain the physics and current-voltage behavior transistors based on charged carrier flow. • Students are able to explain the basic concepts for static and dynamic logic gates for integrated circuits • Students can exemplify approaches for low power consumption on the device and circuit level • Students can describe the potential and limitations of analytical expression for device and circuit analysis. • Students can explain characterization techniques for MOS devices.
Fertigkeiten	• Students can qualitatively construct energy band diagrams of the devices for varying applied voltages. • Students are able to qualitatively determine electric field, carrier concentrations, and charge flow from energy band diagrams. • Students can understand scientific publications from the field of semiconductor devices. • Students can calculate the dimensions of MOS devices in dependence of the circuits properties • Students can design complex electronic circuits and anticipate possible problems. • Students know procedure for optimization regarding high performance and low power consumption
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Students can team up with other experts in the field to work out innovative solutions. • Students are able to work by their own or in small groups for solving problems and answer scientific questions. • Students have the ability to critically question the value of their contributions to working groups.
Selbstständigkeit	• Students are able to assess their knowledge in a realistic manner. • Students are able to define their personal approaches to solve challenging problems
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0691: Integrated Circuit Design	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Electron transport in semiconductors • Electronic operating principles of diodes, MOS capacitors, and MOS field-effect transistors • MOS transistor as four terminal device • Performace degradation due to short channel effects • Scaling-down of MOS technology • Digital logic circuits • Basic analog circuits • Operational amplifiers • Bipolar and BiCMOS circuits
Literatur	• Yuan Taur, Tak H. Ning: Fundamentals of Modern VLSI Devices, Cambridge University Press 1998 • R. Jacob Baker: CMOS, Circuit Design, Layout and Simulation, IEEE Press, Wiley Interscience, 3rd Edition, 2010 • Neil H.E. Weste and David Money Harris, Integrated Circuit Design, Pearson, 4th International Edition, 2013 • John E. Ayers, Digital Integrated Circuits: Analysis and Design, CRC Press, 2009 • Richard C. Jaeger and Travis N. Blalock: Microelectronic Circuit Design, Mc Graw-Hill, 4rd. Edition, 2010

Lehrveranstaltung L0998: Integrated Circuit Design	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0677: Digital Signal Processing and Digital Filters

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Digitale Signalverarbeitung und Digitale Filter (L0446)	Vorlesung	3	4
Digitale Signalverarbeitung und Digitale Filter (L0447)	Hörsaalübung	2	2

Modulverantwortlicher	Prof. Gerhard Bauch
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Mathematics 1-3 • Signals and Systems • Fundamentals of signal and system theory as well as random processes. • Fundamentals of spectral transforms (Fourier series, Fourier transform, Laplace transform)
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students know and understand basic algorithms of digital signal processing. They are familiar with the spectral transforms of discrete-time signals and are able to describe and analyse signals and systems in time and image domain. They know basic structures of digital filters and can identify and assess important properties including stability. They are aware of the effects caused by quantization of filter coefficients and signals. They are familiar with the basics of adaptive filters. They can perform traditional and parametric methods of spectrum estimation, also taking a limited observation window into account. The students are familiar with the contents of lecture and tutorials. They can explain and apply them to new problems.
Fertigkeiten	The students are able to apply methods of digital signal processing to new problems. They can choose and parameterize suitable filter striuctures. In particular, the can design adaptive filters according to the minimum mean squared error (MMSE) criterion and develop an efficient implementation, e.g. based on the LMS or RLS algorithm. Furthermore, the students are able to apply methods of spectrum estimation and to take the effects of a limited observation window into account.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	The students can jointly solve specific problems.
Selbstständigkeit	The students are able to acquire relevant information from appropriate literature sources. They can control their level of knowledge during the lecture period by solving tutorial problems, software tools, clicker system.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0446: Digital Signal Processing and Digital Filters	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe

Inhalt	• Transforms of discrete-time signals:
	  ◦ Discrete-time Fourier Transform (DTFT)
	  ◦ Discrete Fourier-Transform (DFT), Fast Fourier Transform (FFT)
	  ◦ Z-Transform
	• Correspondence of continuous-time and discrete-time signals, sampling, sampling theorem
	• Fast convolution, Overlap-Add-Method, Overlap-Save-Method
	• Fundamental structures and basic types of digital filters
	• Characterization of digital filters using pole-zero plots, important properties of digital filters
	• Quantization effects
	• Design of linear-phase filters
	• Fundamentals of stochastic signal processing and adaptive filters
	  ◦ MMSE criterion
	  ◦ Wiener Filter
	  ◦ LMS- and RLS-algorithm
	• Traditional and parametric methods of spectrum estimation

Literatur	K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. Vieweg Teubner. V. Oppenheim, R. W. Schafer, J. R. Buck: Zeitdiskrete Signalverarbeitung. Pearson StudiumA. V. W. Hess: Digitale Filter. Teubner. Oppenheim, R. W. Schafer: Digital signal processing. Prentice Hall. S. Haykin: Adaptive filter theory. L. B. Jackson: Digital filters and signal processing. Kluwer. T.W. Parks, C.S. Burrus: Digital filter design. Wiley.

Lehrveranstaltung L0447: Digital Signal Processing and Digital Filters	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1552: Fortgeschrittenes maschinelles Lernen

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Fortgeschrittenes maschinelles Lernen (L2322)	Vorlesung	2	3
Fortgeschrittenes maschinelles Lernen (L2323)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	Dr. Jens-Peter Zemke
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	1. Mathematik I-III 2. Numerische Mathematik 1/ Numerik 3. Programmierkenntnisse, bestenfalls in Python
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können die mathematischen Grundlagen verschiedener neuronaler Netze benennen, wiedergeben, neuronale Netze klassifizieren und hinsichtlich der Schwierigkeiten bewerten.
Fertigkeiten	Studierende können neuronale Netze implementieren, verstehen und gezielt sowie an die Problemstellung angepasst anwenden.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können • in kleinen Gruppen Lösungen erarbeiten und dokumentieren; • in Gruppen Ideen weiterentwickeln und auf anderen Kontext übertragen; • im Team eine Software-Bibliothek entwickeln, aufbauen und weiterentwickeln.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig • den Aufwand und Umfang selbst definierter Aufgaben korrekt einzuschätzen; • selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen; • sich eigenständig Aufgaben zum Test und zum Ausbau der Verfahren auszudenken; • ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	25 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Data Science: Kernqualifikation: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2322: Fortgeschrittenes maschinelles Lernen

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Jens-Peter Zemke
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Grundlagen: Analogie, Aufbau neuronaler Netze, universelle Approximationseigenschaft, NP-Vollständigkeit 2. Feedforward-Netze: Backpropagation, Varianten des stochastischen Gradientenverfahrens 3. Deep Learning: Probleme und Lösungsstrategien 4. Deep Belief Networks: Energie-basierte Modelle, Contrastive Divergence 5. Faltungsnetze: Idee, Aufbau, FFT und Algorithmen von Winograd, Implementationsdetails 6. Rekurrente Netze: Idee, dynamische Systeme, Training, LSTM 7. Residuale Netze: Idee, Verbindung zu neuronalen ODEs 8. Standardbibliotheken: Tensorflow, Keras, PyTorch 9. Neue Trends
Literatur	1. Skript 2. Online-Werke: ◦ http://neuralnetworksanddeeplearning.com/ ◦ https://www.deeplearningbook.org/

Lehrveranstaltung L2323: Fortgeschrittenes maschinelles Lernen	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Jens-Peter Zemke
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1749: Energieeffizienz in eingebetteten Systemen

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Energieeffizienz in eingebetteten Systemen (L2870)	Vorlesung	2	3
Energieeffizienz in eingebetteten Systemen (L2872)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
Energieeffizienz in eingebetteten Systemen (L2871)	Hörsaalübung	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Ulf Kulau
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Technische Informatik (notwendig) • Programmierkenntnisse in C (notwendig) • Rechnerarchitekturen (empfohlen)
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	**Motivation:** Auf dem Gebiet der Informatik haben wir nur eingeschränkte Möglichkeiten auf die Effizienz der Hardware direkt einzuwirken, bzw. sind abhängig von den Herstellern (bspw. von Mikrocontrollern). Um jedoch das volle Potential der uns gestellten Hardware auf Systemebene auszunutzen, benötigen wir ein tiefergehendes Verständnis über die Hintergründe, Prozesse und Mechanismen von Verlustleistungen in eingebetteten Systemen. Woher kommt die Verlustleistung, was passiert auf Hardware-Ebene, welche Mechanismen kann ich direkt/indirekt nutzen, welchen Tradeoff zwischen Flexibilität und Effizienz habe ich,... sind nur einige Fragen, welche in dieser Veranstaltung erarbeitet und diskutiert werden sollen. **Lehrinhalte:** • Motivation und Verlustleistung von Halbleitern • Verlustleistung digitaler Schaltungen, insbesondere CMOS • Power Management in Hard- und Software (Sleep Modes, DVS, FS, Undervolting) • Energieeffizientes Systemdesign (Anwendungen) • Energy Harvesting und Transiently Powered Computing (TPC)
Fertigkeiten	Nach Abschluss dieses Moduls besitzen die Studierenden ein tiefergehendes Verständnis von Hard- uns Software-Mechanismen zur Bewertung und Entwicklung energieeffizienter eingebetteter Systeme: • Sie besitzen ein tieferes Verständnis für die elektrotechnischen Grundlagen der Verlustleistung digitaler Systeme • Sie können die Verlustleistung von Systemen auf jeder Ebene analysieren und geeignete Methoden zur Erhöhung der Effizienz anwenden • Sie können eine Vielfalt von Standardtechniken anwenden, um „Energy-Efficiency by Design“ zu erreichen. • Sie können Energie-autonome modellieren, bewerten und implementieren.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Als Teil des Moduls sollen in Kleingruppen erlernte Konzepte auf einer Hardwareplattform umgesetzt werden. Studierende lernen dabei im Team zu agieren und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten. Spezifische Aufgaben werden innerhalb der Gruppe bearbeitet, wobei auch eine Gruppen-übergreifende Zusammenarbeit (Austausch) stattfindet. Als zweiter Teil erfolgt ein Challenge-Based Project, bei dem die Gruppen in einem gesunden Wettbewerb zueinander möglichst energieeffiziente Lösungen finden. Dies stärkt den Zusammenhalt in den Gruppen und stärkt die gegenseitige Motivation, Unterstüzung und Kreativität.
Selbstständigkeit	Nach Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage aus dem erlernten Wissen und weiterführender Fachliteratur selbstständig Lösungen für eingebette Systeme zu entwickeln, zu optimieren und zu bewerten.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Wireless and Sensor Technologies: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2870: Energieeffizienz in eingebetteten Systemen	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Ulf Kulau
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	**Motivation:** Auf dem Gebiet der Informatik haben wir nur eingeschränkte Möglichkeiten auf die Effizienz der Hardware direkt einzuwirken, bzw. sind abhängig von den Herstellern (bspw. von Mikrocontrollern). Um jedoch das volle Potential der uns gestellten Hardware auf Systemebene auszunutzen, benötigen wir ein tiefergehendes Verständnis über die Hintergründe, Prozesse und Mechanismen von Verlustleistungen in eingebetteten Systemen. Woher kommt die Verlustleistung, was passiert auf Hardware-Ebene, welche Mechanismen kann ich direkt/indirekt nutzen, welchen Tradeoff zwischen Flexibilität und Effizienz habe ich,... sind nur einige Fragen, welche in dieser Veranstaltung erarbeitet und diskutiert werden sollen. **Lehrinhalte:** • Motivation und Verlustleistung von Halbleitern • Verlustleistung digitaler Schaltungen, insbesondere CMOS • Power Management in Hard- und Software (Sleep Modes, DVS, FS, Undervolting) • Energieeffizientes Systemdesign (Anwendungen) • Energy Harvesting und Transiently Powered Computing (TPC)
Literatur	DE: Die Vorlesung basiert af einer Vielzahl von Quellen, welche in [1.] angegeben sind. ENG: The lecture is based on multiple sources which are listed in [1.]. 1. Kulau, Ulf: **Course: Energy Efficiency in Embedded Systems-A System-Level Perspective for Computer Scientists**, EWME, 2018. 2. Harris, David, and N. Weste: **CMOS VLSI Design** ed., Pearson Education, 2010 3. Rabaey, Jan: **Low Power Design Essentials** (Integrated Circuits and Systems), Springer, 2009

Lehrveranstaltung L2872: Energieeffizienz in eingebetteten Systemen	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Ulf Kulau
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	In dieser Projektbasierten Übung werden die erlernten Aspekte zur Erreichung von energieffizienten eingebetten Systemen in praxisnahen Umgebungen in einem kleinen Projekt imlementiert und gefestigt. Dabei wird zunächst durch definietre Aufgaben ein Tool-Set für die Implementierung von Energieeffizienzmechanismen in gemeinsamen Übungen implementiert. Im zweitenTeil erfolgt eine Challenge-Based Übung, bei der ein möglichst effizientes System eigenständig implementiert werden soll. Zur Anwendung kommt ein System basierend auf einem AVR Mikro-Controller, welcher durch einen Solar-Energy Harvester autonom betrieben werden kann. 1. Aufgabenphase: 6 "hands-on" Aufgaben um Erfahrungen zu ammeln und eine SW Bibliothek zu erstellen 2. Projekphase: Implementierung eines Energieautonomen Systems mit dem Ziel größtmögliche Energieefizienz (Challenge)
Literatur	

Lehrveranstaltung L2871: Energieeffizienz in eingebetteten Systemen	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Ulf Kulau
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	In der Hörsaalübung werden die in der Vorlesung gelehrten theoertischen Grundlagen vertieft. Dies geschiet durch vertiefende Diskussion relevanter Asekte, aber auch durch Rechenbeispiele, bei denen ein tiefergehendes verständnis zu der thematik der Energieefizienz in eingebeteten Systemen eröangt wird. Übungsaufgaben werden im Vorfeld verteilt und Lösungen in der Hörsaalübung vorgestellt. Inhalte der Übung sind wie folgt: • Grundlagen und Berechnung von verlustleistung auf Halbleitern • Verlustleistung von CMOS am Beispiel eines Inverters • Einfluss des Aktivitätsfaktors und externer Komponenten • DVS und Scheduling • Evaluation zur Darstellung des Nutzen von Undervolting • Aspekte des Energy-Harvesting (MPPT)
Literatur	

Modul M1596: Engineering Haptic Systems

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Haptische Technologie für die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMI) (L2439)	Vorlesung	4	3
Haptische Technologie für die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMI) (L2859)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Thorsten Kern
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	We recommend knowledge in the areas of general engineering sciences, mechatronics and/or control-engineering. However also neighbouring technical areas like mechanical-engineering or even process-engineers can join the course and will be introduced into the content properly.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	This course is an introduction to the design methods and design-requirements to consider when creating haptic systems from scratch. It covers a physiological part, an actuator development part, and goes up to fundamentals of higher system integration with consideration on control theory for more complex projects. Beside design-related topics, it gives a valuable overview on existing haptic applications and research in that field with many examples. This is supported by on-site experiments in the laboratories of M-4. • Motivation and application of haptic systems • Haptic perception • The role of the user in direct system interaction • Development of haptic systems • Identification of requirements • System-structure and control • Kinematic fundamentals • Actuation & Sensors technology for haptic applications • Control and system-design aspects • Fundamental considerations in simulating haptics
Fertigkeiten	Executing the course the competency will be developed to apply the general engineering capabilities of the individual course towards the design and application of active haptic systems. The resulting competencies will open an entry into specialized position in avionic-industries, automotive-industry and consumer-device-development.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	As a side-effect this module teaches basics of a general design for human-machine-interfaces, independent from the specific application of "haptics". It teaches methods to execute user-studies, judge on user-feedback and how to deal with soft design-requirements which are common when dealing with subjective perception.
Selbstständigkeit	Independent design-capability of haptic systems, general competency in engineering from a design-perspective
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6

Studienleistung

Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
Ja	20 %	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	Durchführung von Laborversuchen

Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2439: Haptic Technology for Human-Machine-Interfaces (HMI)	
Typ	Vorlesung
SWS	4
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Thorsten Kern
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	This course is an introduction to the design methods and design-requirements to consider when creating haptic systems from scratch. It covers a physiological part, an actuator development part, and goes up to fundamentals of higher system integration with consideration on control theory for more complex projects. Beside design-related topics, it gives a valuable overview on existing haptic applications and research in that field with many examples. • Motivation and application of haptic systems • Haptic perception • The role of the user in direct system interaction • Development of haptic systems • Identification of requirements • System-structure and control • Kinematic fundamentals • Actuation & Sensors technology for haptic applications • Control and system-design aspects • Fundamental considerations in simulating haptics
Literatur	

Lehrveranstaltung L2859: Haptic Technology for Human-Machine-Interfaces (HMI)	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Thorsten Kern
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0881: Mathematische Bildverarbeitung

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Mathematische Bildverarbeitung (L0991)	Vorlesung	3	4
Mathematische Bildverarbeitung (L0992)	Gruppenübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Marko Lindner
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Analysis: partielle Ableitungen, Gradient, Richtungsableitung • Lineare Algebra: Eigenwerte, lineares Ausgleichsproblem
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden können • Klassen von Diffusionsgleichungen charakterisieren und vergleichen • elementare Methoden der Bildverarbeitung erklären • Methoden zur Segmentierung und Registrierung erläutern • funktionalanalytische Grundlagen skizzieren und gegenüberstellen
Fertigkeiten	Die Studierenden können • elementare Methoden der Bildverarbeitung implementieren und anwenden • moderne Methoden der Bildverarbeitung erklären und anwenden
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten und sich theoretische Grundlagen erklären.
Selbstständigkeit	• Studierende können eigenständig ihr Verständnis mathematischer Konzepte überprüfen, noch offene Fragen auf den Punkt bringen und sich gegebenenfalls gezielt Hilfe holen. • Studierende haben eine genügend hohe Ausdauer entwickelt, um auch über längere Zeiträume an schwierigen Problemstellungen zu arbeiten.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	20 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Interdisciplinary Mathematics: Vertiefung III. Computational Methods in Biomedical Imaging: Pflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0991: Mathematische Bildverarbeitung

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Marko Lindner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Elementare Methoden der Bildverarbeitung • Glättungsfilter • Grundlagen der Diffusions- bzw. Wärmeleitgleichung • Variationsformulierungen in der Bildverarbeitung • Kantenerkennung • Entfaltung • Inpainting • Segmentierung • Registrierung
Literatur	Bredies/Lorenz: Mathematische Bildverarbeitung

Lehrveranstaltung L0992: Mathematische Bildverarbeitung	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Marko Lindner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0629: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Intelligente Autonome Agenten und kognitive Robotik (L0341)	Vorlesung	2	4
Intelligente Autonome Agenten und kognitive Robotik (L0512)	Gruppenübung	2	2

Modulverantwortlicher	Rainer Marrone
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Vectors, matrices, Calculus
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Students can explain the agent abstraction, define intelligence in terms of rational behavior, and give details about agent design (goals, utilities, environments). They can describe the main features of environments. The notion of adversarial agent cooperation can be discussed in terms of decision problems and algorithms for solving these problems. For dealing with uncertainty in real-world scenarios, students can summarize how Bayesian networks can be employed as a knowledge representation and reasoning formalism in static and dynamic settings. In addition, students can define decision making procedures in simple and sequential settings, with and with complete access to the state of the environment. In this context, students can describe techniques for solving (partially observable) Markov decision problems, and they can recall techniques for measuring the value of information. Students can identify techniques for simultaneous localization and mapping, and can explain planning techniques for achieving desired states. Students can explain coordination problems and decision making in a multi-agent setting in term of different types of equilibria, social choice functions, voting protocol, and mechanism design techniques.
Fertigkeiten	Students can select an appropriate agent architecture for concrete agent application scenarios. For simplified agent application students can derive decision trees and apply basic optimization techniques. For those applications they can also create Bayesian networks/dynamic Bayesian networks and apply bayesian reasoning for simple queries. Students can also name and apply different sampling techniques for simplified agent scenarios. For simple and complex decision making students can compute the best action or policies for concrete settings. In multi-agent situations students will apply techniques for finding different equilibria states,e.g., Nash equilibria. For multi-agent decision making students will apply different voting protocols and compare and explain the results.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to discuss their solutions to problems with others. They communicate in English
Selbstständigkeit	Students are able of checking their understanding of complex concepts by solving varaints of concrete problems
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0341: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Rainer Marrone
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Definition of agents, rational behavior, goals, utilities, environment types • Adversarial agent cooperation: Agents with complete access to the state(s) of the environment, games, Minimax algorithm, alpha-beta pruning, elements of chance • Uncertainty: Motivation: agents with no direct access to the state(s) of the environment, probabilities, conditional probabilities, product rule, Bayes rule, full joint probability distribution, marginalization, summing out, answering queries, complexity, independence assumptions, naive Bayes, conditional independence assumptions • Bayesian networks: Syntax and semantics of Bayesian networks, answering queries revised (inference by enumeration), typical-case complexity, pragmatics: reasoning from effect (that can be perceived by an agent) to cause (that cannot be directly perceived). • Probabilistic reasoning over time: Environmental state may change even without the agent performing actions, dynamic Bayesian networks, Markov assumption, transition model, sensor model, inference problems: filtering, prediction, smoothing, most-likely explanation, special cases: hidden Markov models, Kalman filters, Exact inferences and approximations • Decision making under uncertainty: Simple decisions: utility theory, multivariate utility functions, dominance, decision networks, value of informatio Complex decisions: sequential decision problems, value iteration, policy iteration, MDPs Decision-theoretic agents: POMDPs, reduction to multidimensional continuous MDPs, dynamic decision networks • Simultaneous Localization and Mapping • Planning • Game theory (Golden Balls: Split or Share) Decisions with multiple agents, Nash equilibrium, Bayes-Nash equilibrium • Social Choice Voting protocols, preferences, paradoxes, Arrow's Theorem, • Mechanism Design Fundamentals, dominant strategy implementation, Revelation Principle, Gibbard-Satterthwaite Impossibility Theorem, Direct mechanisms, incentive compatibility, strategy-proofness, Vickrey-Groves-Clarke mechanisms, expected externality mechanisms, participation constraints, individual rationality, budget balancedness, bilateral trade, Myerson-Satterthwaite Theorem
Literatur	1. Artificial Intelligence: A Modern Approach (Third Edition), Stuart Russell, Peter Norvig, Prentice Hall, 2010, Chapters 2-5, 10-11, 13-17 2. Probabilistic Robotics, Thrun, S., Burgard, W., Fox, D. MIT Press 2005 3. Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations, Yoav Shoham, Kevin Leyton-Brown, Cambridge University Press, 2009

Lehrveranstaltung L0512: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Rainer Marrone
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1024: Methoden der Produktentwicklung

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Methoden der Produktentwicklung (L1254)	Vorlesung	3	3
Methoden der Produktentwicklung (L1255)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Dieter Krause
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundkenntnisse der Integrierten Produktentwicklung und CAE-Anwendung
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden sind nach erfolgreichem Bestehen des Moduls in der Lage: • Fachbegriffe der Konstruktionsmethodik zu erklären, • wesentliche Elemente des Konstruktionsmanagements zu beschreiben, • aktuelle Problemstellungen und den gegenwärtigen Forschungsstand der integrierten Produktentwicklung zu beschreiben.
Fertigkeiten	Die Studierenden sind nach erfolgreichem Bestehen des Moduls in der Lage: • für die nicht standardisierte Lösung eines Problems eine geeignete Konstruktionsmethode auszuwählen und anzuwenden sowie an neue Randbedingungen anzupassen, • Problemstellungen der Produktentwicklung mit Hilfe einer workshopbasierten Vorgehensweise zu lösen, • Moderationstechniken situationsspezifisch auszuwählen und durchzuführen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden sind nach erfolgreichem Bestehen des Moduls in der Lage: • Teamsitzungen und Moderationsprozesse vorzubereiten und anzuleiten, • in Gruppenarbeitsprozessen komplexe Aufgaben gemeinsam zu bearbeiten, • Probleme und Lösungen vor Fachpersonen vertreten und Ideen weiterzuentwickeln.
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind nach erfolgreichem Bestehen des Moduls in der Lage: • strukturiertes Feedback zu geben und kritisches Feedback anzunehmen, • angenommenes Feedback eigenständig umzusetzen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 Minuten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1254: Methoden der Produktentwicklung	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Dieter Krause
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	**Vorlesung** **Die Vorlesung erweitert und vertieft die im Modul „Integrierte Produktentwicklung und Leichtbau“ erlernten Inhalte und baut auf den dort erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten auf.** Themen der Vorlesung sind insbesondere: • Methoden der Produktentwicklung, • Moderationstechniken, • Industrial Design, • variantengerechte Produktgestaltung, • Modularisierungsmethoden, • Konstruktionskataloge, • angepasste QFD-Matrix, • systematische Werkstoffauswahl, • montagegerechtes Konstruieren, Konstruktionsmanagement • CE-Kennzeichnung, Konformitätserklärung inkl. Gefährdungsbeurteilung, • Patentwesen, Patentrechte, Patentüberwachung • Projektmanagement (Kosten, Zeit, Qualität) und Eskalationsprinzipien, • Entwicklungsmanagement Mechatronik, • Technisches Supply Chain Management. **Übung (PBL)** In der Übung werden die in der Vorlesung Integrierte Produktentwicklung II vorgestellten Inhalte und Methoden der Produktentwicklung und des Konstruktionsmanagement weiter vertieft. Die Studierenden erlernen über industrienahe Praxisbeispiele ein selbstständig moderiertes und Workshop basiertes Vorgehen zur Lösung komplexer, aktuell bestehender Sachverhalte in der Produktentwicklung. Sie erlernen die Fähigkeit, selbstständig wichtige Methoden der Produktentwicklung und des Konstruktionsmanagements anzuwenden, und erwerben so weiterführende Fachkompetenzen auf dem Gebiet der Integrierten Produktentwicklung. Daneben werden personale Kompetenzen, wie Teamfähigkeit, Führen von Diskussionen und Vertreten von Arbeitsergebnissen durch den workshopbasierten Aufbau der Veranstaltung unter eigener Planung und Leitung erworben.
Literatur	• Andreasen, M.M., Design for Assembly, Berlin, Springer 1985. • Ashby, M. F.: Materials Selection in Mechanical Design, München, Spektrum 2007. • Beckmann, H.: Supply Chain Management, Berlin, Springer 2004. • Hartmann, M., Rieger, M., Funk, R., Rath, U.: Zielgerichtet moderieren. Ein Handbuch für Führungskräfte, Berater und Trainer, Weinheim, Beltz 2007. • Pahl, G., Beitz, W.: Konstruktionslehre, Berlin, Springer 2006. • Roth, K.H.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, Band 1-3, Berlin, Springer 2000. • Simpson, T.W., Siddique, Z., Jiao, R.J.: Product Platform and Product Family Design. Methods and Applications, New York, Springer 2013.

Lehrveranstaltung L1255: Methoden der Produktentwicklung	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Dieter Krause
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0746: Microsystem Engineering

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Mikrosystemtechnik (L0680)	Vorlesung	2	4
Mikrosystemtechnik (L0682)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2

Modulverantwortlicher	Dr. Timo Lipka
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic courses in physics, mathematics and electric engineering
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students know about the most important technologies and materials of MEMS as well as their applications in sensors and actuators.
Fertigkeiten	Students are able to analyze and describe the functional behaviour of MEMS components and to evaluate the potential of microsystems.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to solve specific problems alone or in a group and to present the results accordingly.
Selbstständigkeit	Students are able to acquire particular knowledge using specialized literature and to integrate and associate this knowledge with other fields.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Nein 10 % Referat
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	zweistündig
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0680: Microsystem Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Timo Lipka
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Object and goal of MEMS Scaling Rules Lithography Film deposition Structuring and etching Energy conversion and force generation Electromagnetic Actuators Reluctance motors Piezoelectric actuators, bi-metal-actuator Transducer principles Signal detection and signal processing Mechanical and physical sensors Acceleration sensor, pressure sensor Sensor arrays System integration Yield, test and reliability
Literatur	M. Kasper: Mikrosystementwurf, Springer (2000) M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press (1997)

Lehrveranstaltung L0682: Microsystem Engineering	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Timo Lipka
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Examples of MEMS components Layout consideration Electric, thermal and mechanical behaviour Design aspects
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Modul M1173: Applied Statistics

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Applied Statistics (L1584)	Vorlesung	2	3
Applied Statistics (L1586)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
Applied Statistics (L1585)	Gruppenübung	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Michael Morlock
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlegende Kenntnisse statistischen Vorgehens
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studenten können die Einsatzgebiete der statistischen Verfahren, die in der Veranstaltung besprochen werden und die Voraussetzungen für den Einsatz des entsprechenden Verfahrens erläutern.
Fertigkeiten	Die Studenten können das verwendete Statistikprogramm zur Lösung von statistischen Fragestellungen einsetzen und die Ergebnisse fachgerecht darstellen und interpretieren.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Gruppenarbeit, gemeinsam Ergebnisse präsentieren
Selbstständigkeit	Fragestellung verstehen und selbständig lösen
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 minuten, 28 Fragen
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Management: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1584: Applied Statistics

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Morlock
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Inhalt (deutsch) Lösung statistischer Fragestellungen unter Anwendung eines gebräuchlichen Statistikprogrammes. Die vermittelten statistischen Tests und Vorgehensweisen beinhalten: • Wahl des statistischen Verfahrens • Einfluss der Gruppengröße auf die Ergebnisse • Chi quadrat test • Regression und Korrelation mit einer unabhängigen Variablen • Regression und Korrelation mit mehreren unabhängigen Variablen • Varianzanalyse mit eine unabhängigen Variablen • Varianzanalyse mit mehreren unabhängigen Variablen • Diskriminantenanalyse • Analyse kategorischer Daten • Nichtparametrische Statistik • Überlebensanalysen
Literatur	Applied Regression Analysis and Multivariable Methods, 3rd Edition, David G. Kleinbaum Emory University, Lawrence L. Kupper University of North Carolina at Chapel Hill, Keith E. Muller University of North Carolina at Chapel Hill, Azhar Nizam Emory University, Published by Duxbury Press, CB © 1998, ISBN/ISSN: 0-534-20910-6

Lehrveranstaltung L1586: Applied Statistics	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Michael Morlock
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Die Studenten bekommen in Kleingruppen (n=5) eine Fragestellung, zu deren Beantwortung sie sowohl die Datenerhebung als auch die Analyse durchführen und die Ergebnisse in Form eines executive summaries in der letzten Vorlesung vorstellen müssen.
Literatur	Selbst zu finden

Lehrveranstaltung L1585: Applied Statistics	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Michael Morlock
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Anhand von praktischen Fragestellungen werden die wichtigsten statistischen Verfahren angewendet und gleichzeitig in die Benutzung der kommerziell am häufigsten eingesetzten Software eingeführt und deren Benutzung geübt.
Literatur	Student Solutions Manual for Kleinbaum/Kupper/Muller/Nizam's Applied Regression Analysis and Multivariable Methods, 3rd Edition, David G. Kleinbaum Emory University Lawrence L. Kupper University of North Carolina at Chapel Hill, Keith E. Muller University of North Carolina at Chapel Hill, Azhar Nizam Emory University, Published by Duxbury Press, Paperbound © 1998, ISBN/ISSN: 0-534-20913-0

Modul M1204: Modellierung und Optimierung in der Dynamik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Flexible Mehrkörpersysteme (L1632)	Vorlesung	2	3
Optimierung dynamischer Systeme (L1633)	Vorlesung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Robert Seifried
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Mathematik I, II, III • Mechanik I, II, III, IV • Simulation dynamischer Systeme
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierenden besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls grundlegende Kenntnis und Verständnis der Modellierung, Simulation und Analyse komplexer starrer und flexibler Mehrkörpersysteme und Methoden zur Optimierung dynamischer Systeme.
Fertigkeiten	Die Studierenden sind in der Lage + ganzheitlich zu Denken + grundlegende Problemstellungen aus der Dynamik starrer und flexibler Mehrkörpersysteme selbständig, sicher, kritisch und bedarfsgerecht zu analysieren und zu optimieren + dynamische Problem mathematisch zu beschreiben + dynamische Probleme zu optimieren
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können + in heterogen zusammengesetzten Gruppen Aufgaben lösen und die Arbeitsergebnisse dokumentieren.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig + ihren Kenntnisstand mit Hilfe von Übungsaufgaben einzuschätzen. + sich zur Lösung von forschungsorientierten Aufgaben notwendiges Wissen eigenständig zu erschließen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1632: Flexible Mehrkörpersysteme	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Robert Seifried, Dr. Alexander Held
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Grundlagen von Mehrkörpersystemen 2. Kontinuumsmechanische Grundlagen 3. Lineare finite Elemente Modelle und Modellreduktion 4. Nichtlineare finite Elemente Modelle: Absolute Nodal Coordinate Formulation 5. Kinematik eines elastischen Körpers 6. Kinetik eines elastischen Körpers 7. Zusammenbau des Gesamtsystems
Literatur	Schwertassek, R. und Wallrapp, O.: Dynamik flexibler Mehrkörpersysteme. Braunschweig, Vieweg, 1999. Seifried, R.: Dynamics of Underactuated Multibody Systems, Springer, 2014. Shabana, A.A.: Dynamics of Multibody Systems. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2004, 3. Auflage.

Lehrveranstaltung L1633: Optimierung dynamischer Systeme	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Robert Seifried, Dr. Svenja Drücker
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Formulierung des Optimierungsproblems und Klassifikation 2. Skalare Optimierung 3. Sensitivitätsanalyse 4. Parameteroptimierung ohne Nebenbedingungen 5. Parameteroptimierung mit Nebenbedingungen 6. Stochastische Optimierungsverfahren 7. Mehrkriterienoptimierung 8. Topologieoptimierung
Literatur	Bestle, D.: Analyse und Optimierung von Mehrkörpersystemen. Springer, Berlin, 1994. Nocedal, J. , Wright , S.J. : Numerical Optimization. New York: Springer, 2006.

Modul M1305: Seminar Advanced Topics in Control

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Ausgewählte Themen der Regelungstechnik (L1803)	Seminar	2	2

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Introduction to control systems • Control theory and design • optimal and robust control
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Students can explain modern control. • Students learn to apply basic control concepts for different tasks
Fertigkeiten	• Students acquire knowledge about selected aspects of modern control, based on specified literature • Students generalize developed results and present them to the participants • Students practice to prepare and give a presentation
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Students are capable of developing solutions and present them • They are able to provide appropriate feedback and handle constructive criticism of their own results
Selbstständigkeit	• Students evaluate advantages and drawbacks of different forms of presentation for specific tasks and select the best solution • Students familiarize themselves with a scientific field, are able of introduce it and follow presentations of other students, such that a scientific discussion develops
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Leistungspunkte	2
Studienleistung	Keine
Prüfung	Referat
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1803: Advanced Topics in Control

Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	NN
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	• Seminar on selected topics in modern control
Literatur	• To be specified

Modul M1268: Lineare und Nichtlineare Wellen

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Lineare und Nichtlineare Wellen (L1737)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	4	6

Modulverantwortlicher	Prof. Norbert Hoffmann
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Mathematik, Mechanik, Schwingungen.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Studierende sind in der Lage, bestehende Begriffe und Konzepte der Wellenmechanik wiederzugeben • Studierende sind in der Lage den Bedarf für neue Begriffe und Konzepte zu identifizieren und benennen.
Fertigkeiten	• Studierende sind in der Lage bestehende Forschungs-Verfahren und Methoden der Wellenmechanik anzuwenden • Studierende sind in der Lage neue Verfahren und Methoden der Wellenmechanik zu entwickeln.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	• Studierende können Arbeitsergebnisse auch in Gruppen erzielen. • Studierende können Methoden und Ergebnisse auch in Gruppen präsentieren und kommunizieren.
Selbstständigkeit	• Studierende können eigenständig vorgegebene Forschungsaufgaben angehen • Studierende können selbständig neue Forschungsaufgaben identifizieren und bearbeiten.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	2 Stunden
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Maritime Technik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L1737: Lineare und Nichtlineare Wellen

Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	4
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Norbert Hoffmann
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe

Inhalt	Einführung in die Dynamik Linearer und Nichtlinearer Wellen
	• Lineare Wellen
	  ◦ Dispersionsbeziehungen
	  ◦ Phasen- und Gruppengeschwindigkeit
	  ◦ Einhüllende
	  ◦ Diskrete Systeme
	• Nichtlineare Wellen
	  ◦ Modellgleichungen
	  ◦ Solitonen, Breather, Extremwellen
	• Wasserwellen, Meereswellen
	  ◦ Airy und Stokes-Wellen
	  ◦ Statistik, Natürlicher Seegang
	  ◦ Kinetische Seegangsmodelle
	• Weitere Themen nach Vereinbarung

Literatur	F.K. Kneubühl: Oscillations and Waves. Springer. G.B. Witham, Linear and Nonlinear Waves. Wiley. C.C. Mei, Theory and Applications of Ocean Surface Waves. World Scientific. L.H. Holthuijsen, Waves in Oceanic and Coastal Waters. Cambridge. And others.

Modul M1398: Ausgewählte Themen der Mehrkörperdynamik und Robotik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Formulas and Vehicles - Dynamik und Regelung Autonomer Fahrzeuge (L2869)	Integrierte Vorlesung	1	1
Formulas and Vehicles - Einführung in die Mobile Unterwasserrobotik (L1981)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	4	5

Modulverantwortlicher	Prof. Robert Seifried
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Mechanik IV, Technische Dynamik oder Robotik Theorie und Entwurf regelungstechnischer Systeme Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierenden besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls weiterführende Kenntnis und Verständnis in ausgewählten Anwendungsbereichen der Mehrkörperdynamik und Robotik
Fertigkeiten	Die Studierenden sind in der Lage + ganzheitlich zu Denken + grundlegende Problemstellungen aus der Dynamik starrer und flexibler Mehrkörpersysteme selbständig, sicher, kritisch und bedarfsgerecht zu analysieren und zu optimieren + dynamische Problem mathematisch zu beschreiben + dynamische Probleme auf Hardware zu implementieren
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können + in heterogen zusammengesetzten Gruppen Aufgaben lösen, die Arbeitsergebnisse dokumentieren und präsentieren.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig + ihren Kenntnisstand mit Hilfe von Übungsaufgaben und Projekten einzuschätzen. + sich zur Lösung von forschungsorientierten Aufgaben notwendiges Wissen eigenständig zu erschließen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Referat
Prüfungsdauer und -umfang	TBA
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2869: Formulas and Vehicles - Dynamik und Regelung Autonomer Fahrzeuge

Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Robert Seifried, Daniel-André Dücker
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L1981: Formulas and Vehicles - Einführung in die Mobile Unterwasserrobotik	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	4
LP	5
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 94, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Robert Seifried, Daniel-André Dücker
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	•Interdisziplinär zwischen angewandter Mathematik (Systemtheorie) und Ingenieurwesen (Maschinenbau) angesiedelt •Bearbeitung von Fragestellungen des autonomen Fahrens in interdisziplinären Kleingruppen •Entwicklung theoretischer Regelungsverfahren sowie deren Implementation an Versuchsfahrzeugen •Einschließlich geisteswissenschaftlichem Bezug (durch externe Referenten bspw. zu Ethik und juristische Grundlagen des autonomen Fahrens)
Literatur	Seifried, R.: Dynamics of underactuated multibody systems, Springer, 2014 Popp, K.; Schiehlen, W.: Ground vehicle dynamics, Springer, 2010

Modul M1614: Optics for Engineers

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Optik für Ingenieure (L2437)	Vorlesung	3	3
Optik für Ingenieure (L2438)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	3

Modulverantwortlicher	Prof. Thorsten Kern
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	- Basics of physics
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Teaching subject ist the design of simple optical systems for illumination and imaging optics • Basic values for optical systems and lighting technology • Spectrum, black-bodies, color-perception • Light-Sources und their characterization • Photometrics • Ray-Optics • Matrix-Optics • Stops, Pupils and Windows • Light-field Technology • Introduction to Wave-Optics • Introduction to Holography
Fertigkeiten	Understandings of optics as part of light and electromagnetic spectrum. Design rules, approach to designing optics
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	
Selbstständigkeit	
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** Ja; **Bonus** Keiner; **Art der Studienleistung** Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung; **Beschreibung** Teilnahme an Laborübungen und Simulation
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Thorsten Kern
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Basic values for optical systems and lighting technology • Spectrum, black-bodies, color-perception • Light-Sources und their characterization • Photometrics • Ray-Optics • Matrix-Optics • Stops, Pupils and Windows • Light-field Technology • Introduction to Wave-Optics • Introduction to Holography
Literatur	

Lehrveranstaltung L2438: Optics for Engineers	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Thorsten Kern
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1748: Baurobotik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Baurobotik (L2867)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	6	6

Modulverantwortlicher	Prof. Kay Smarsly
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der projektorientierten Programmierung
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Grundlagen der Robotik Anwendungsfälle im Bauwesen Modellierungen Kinematik
Fertigkeiten	Umgang mit spezifischer Hardware Entwicklung von Softwareroutinen Programmiersprache Python Bildverarbeitung Grundlagen der Lokalisierung (LIDAR, SLAM)
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Teamarbeit Kommunikationsfähigkeit
Selbstständigkeit	Eigenständiges Arbeiten Selbständige Entscheidungen
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	ca. 10 Seiten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2867: Baurobotik	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	6
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
Dozenten	Prof. Kay Smarsly, Jan Stührenberg, Mathias Worm
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe

Inhalt	1. Einführung in die Thematik: Robotik im Bauwesen
	2. Vorstellung potenzieller Themengebiete
	3. Programmierung von Algorithmen in Python
	4. Anwendung von Softwaresystemen: LINUX Distribution, ROS, CloudCompare, ...
	5. Anwendung von Hardwaresystemen: Petoi Bittle Dog, Raspberry Pi, Arduino, Sensorik ...
	6. Betrachtete Themen zur Robotik mittels des Petoi Bittle Dog:
	  1. Fortbewegung
	  2. Verwendung von Sensoren (Kamera, Infrarot, ...)
	  3. Datenstrukturen/Datenerfassung
	  4. Programmierung
	7. Technisch relevante Themen zum Gebiet der Bauwerkserfassung:
	  1. Geodätische Auswertungen
	  2. Bildverarbeitung
	  3. Lokalisierung

Literatur	Bock/Linner: Construction Robotics Verl et al.: Soft Robotics Pasquale: New Laws of robotics

Modul M0806: Technical Acoustics II (Room Acoustics, Computational Methods)

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Technische Akustik II (Raumakustik, Berechnungsverfahren) (L0519)	Vorlesung	2	3
Technische Akustik II (Raumakustik, Berechnungsverfahren) (L0521)	Hörsaalübung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Benedikt Kriegesmann
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Technical Acoustics I (Acoustic Waves, Noise Protection, Psycho Acoustics) Mechanics I (Statics, Mechanics of Materials) and Mechanics II (Hydrostatics, Kinematics, Dynamics) Mathematics I, II, III (in particular differential equations)
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students possess an in-depth knowledge in acoustics regarding room acoustics and computational methods and are able to give an overview of the corresponding theoretical and methodical basis.
Fertigkeiten	The students are capable to handle engineering problems in acoustics by theory-based application of the demanding computational methods and procedures treated within the module.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students can work in small groups on specific problems to arrive at joint solutions.
Selbstständigkeit	The students are able to independently solve challenging acoustical problems in the areas treated within the module. Possible conflicting issues and limitations can be identified and the results are critically scrutinized.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	20 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0519: Technical Acoustics II (Room Acoustics, Computational Methods)

Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr.-Ing. Sören Keuchel
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Room acoustics - Sound absorber - Standard computations - Statistical Energy Approaches - Finite Element Methods - Boundary Element Methods - Geometrical acoustics - Special formulations - Practical applications - Hands-on Sessions: Programming of elements (Matlab)
Literatur	Cremer, L.; Heckl, M. (1996): Körperschall. Springer Verlag, Berlin Veit, I. (1988): Technische Akustik. Vogel-Buchverlag, Würzburg Veit, I. (1988): Flüssigkeitsschall. Vogel-Buchverlag, Würzburg Gaul, L.; Fiedler, Ch. (1997): Methode der Randelemente in Statik und Dynamik. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden Bathe, K.-J. (2000): Finite-Elemente-Methoden. Springer Verlag, Berlin

Lehrveranstaltung L0521: Technical Acoustics II (Room Acoustics, Computational Methods)	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr.-Ing. Sören Keuchel
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0603: Nichtlineare Strukturanalyse

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Nichtlineare Strukturanalyse (L0277)	Vorlesung	3	4
Nichtlineare Strukturanalyse (L0279)	Gruppenübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Düster
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Vorkenntnisse bzgl. partieller Differentialgleichungen sind empfehlenswert.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können + einen Überblick über die verschiedenen nichtlinearen strukturmechanischen Phänomene geben. + den mechanischen Hintergrund von nichtlinearen Phänomenen in der Strukturmechanik erläutern. + mögliche Probleme bei der nichtlinearen Strukturanalyse aufzählen, im konkreten Fall erkennen und die entsprechenden mathematischen und mechanischen Hintergründe erläutern.
Fertigkeiten	Studierende sind in der Lage + nichtlineare strukturmechanische Probleme zu modellieren. + für gegebene nichtlineare strukturmechanische Probleme das geeignete Berechnungsverfahren auszuwählen. + Finite-Elemente-Verfahren auf nichtlineare strukturmechanische Probleme anzuwenden. + Ergebnisse von nichtlinearen finiten Elemente Berechnungen zu verifizieren und kritisch zu beurteilen. + die Vorgehensweise zur Lösung von nichtlinearen Problemen auf neue Problemstellungen zu übertragen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können + in heterogen zusammengesetzten Gruppen gemeinsam Lösungen erarbeiten. + ihre Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vorstellen und diskutieren. + fachlich konstruktives Feedback an Kommilitonen geben und mit Rückmeldungen zur Ihren eigenen Arbeiten umgehen.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig + ihren Kenntnisstand mit Hilfe von Übungsaufgaben und E-Learning einzuschätzen. + sich zur Lösung von forschungsorientierten Aufgaben notwendiges Wissen eigenständig zu erschließen. + das erworbene Wissen auf ähnliche Problemstellungen zu transformieren.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Modellierung und Simulation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Bauingenieurwesen: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Ship and Offshore Technology: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0277: Nichtlineare Strukturanalyse	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Einleitung 2. Nichtlineare Phänomene 3. Mathematische Grundlagen 4. Kontinuumsmechanische Grundlagen 5. Räumliche Diskretisierung mit Finiten Elementen 6. Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme 7. Lösung elastoplastischer Probleme 8. Stabilitätsprobleme 9. Kontaktprobleme
Literatur	[1] Alexander Düster, Nonlinear Structrual Analysis, Lecture Notes, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2014. [2] Peter Wriggers, Nonlinear Finite Element Methods, Springer 2008. [3] Peter Wriggers, Nichtlineare Finite-Elemente-Methoden, Springer 2001. [4] Javier Bonet and Richard D. Wood, Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis, Cambridge University Press, 2008.

Lehrveranstaltung L0279: Nichtlineare Strukturanalyse	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0832: Advanced Topics in Control

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Ausgewählte Themen der Regelungstechnik (L0661)	Vorlesung	2	3
Ausgewählte Themen der Regelungstechnik (L0662)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	NN
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	H-infinity optimal control, mixed-sensitivity design, linear matrix inequalities
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Students can explain the advantages and shortcomings of the classical gain scheduling approach • They can explain the representation of nonlinear systems in the form of quasi-LPV systems • They can explain how stability and performance conditions for LPV systems can be formulated as LMI conditions • They can explain how gridding techniques can be used to solve analysis and synthesis problems for LPV systems • They are familiar with polytopic and LFT representations of LPV systems and some of the basic synthesis techniques associated with each of these model structures • Students can explain how graph theoretic concepts are used to represent the communication topology of multiagent systems • They can explain the convergence properties of first order consensus protocols • They can explain analysis and synthesis conditions for formation control loops involving either LTI or LPV agent models • Students can explain concepts behind linear and qLPV Model Predictive Control (MPC)
Fertigkeiten	• Students can construct LPV models of nonlinear plants and carry out a mixed-sensitivity design of gain-scheduled controllers; they can do this using polytopic, LFT or general LPV models • They can use standard software tools (Matlab robust control toolbox) for these tasks • Students can design distributed formation controllers for groups of agents with either LTI or LPV dynamics, using Matlab tools provided • Students can design MPC controllers for linear and non-linear systems using Matlab tools
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students can work in small groups and arrive at joint results.
Selbstständigkeit	Students can find required information in sources provided (lecture notes, literature, software documentation) and use it to solve given problems.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0661: Advanced Topics in Control	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	NN
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Linear Parameter-Varying (LPV) Gain Scheduling - Linearizing gain scheduling, hidden coupling - Jacobian linearization vs. quasi-LPV models - Stability and induced L2 norm of LPV systems - Synthesis of LPV controllers based on the two-sided projection lemma - Simplifications: controller synthesis for polytopic and LFT models - Experimental identification of LPV models - Controller synthesis based on input/output models - Applications: LPV torque vectoring for electric vehicles, LPV control of a robotic manipulator • Control of Multi-Agent Systems - Communication graphs - Spectral properties of the graph Laplacian - First and second order consensus protocols - Formation control, stability and performance - LPV models for agents subject to nonholonomic constraints - Application: formation control for a team of quadrotor helicopters • Linear and Nonlinear Model Predictive Control based on LMIs
Literatur	• Werner, H., Lecture Notes "Advanced Topics in Control" • Selection of relevant research papers made available as pdf documents via StudIP

Lehrveranstaltung L0662: Advanced Topics in Control	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	NN
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0623: Intelligent Systems in Medicine

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Intelligente Systeme in der Medizin (L0331)	Vorlesung	2	3
Intelligente Systeme in der Medizin (L0334)	Projektseminar	2	2
Intelligente Systeme in der Medizin (L0333)	Gruppenübung	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Schlaefer
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• principles of math (algebra, analysis/calculus) • principles of stochastics • principles of programming, Java/C++ and R/Matlab • advanced programming skills
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students are able to analyze and solve clinical treatment planning and decision support problems using methods for search, optimization, and planning. They are able to explain methods for classification and their respective advantages and disadvantages in clinical contexts. The students can compare different methods for representing medical knowledge. They can evaluate methods in the context of clinical data and explain challenges due to the clinical nature of the data and its acquisition and due to privacy and safety requirements.
Fertigkeiten	The students can give reasons for selecting and adapting methods for classification, regression, and prediction. They can assess the methods based on actual patient data and evaluate the implemented methods.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	The students are able to grasp practical tasks in groups, develop solution strategies independently, define work processes and work on them collaboratively. The students can critically reflect on the results of other groups, make constructive suggestions for improvement and also incorporate them into their own work.
Selbstständigkeit	The students can assess their level of knowledge and document their work results. They can critically evaluate the results achieved and present them in an appropriate argumentative manner to the other groups.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6

Studienleistung

Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
Ja	10 %	Schriftliche Ausarbeitung	
Ja	10 %	Referat	

Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung III. Applications: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Interdisciplinary Mathematics: Vertiefung III. Computational Methods in Biomedical Imaging: Pflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Medizinингenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0331: Intelligent Systems in Medicine	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- methods for search, optimization, planning, classification, regression and prediction in a clinical context - representation of medical knowledge - understanding challenges due to clinical and patient related data and data acquisition The students will work in groups to apply the methods introduced during the lecture using problem based learning.
Literatur	Russel & Norvig: Artificial Intelligence: a Modern Approach, 2012 Berner: Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice, 2007 Greenes: Clinical Decision Support: The Road Ahead, 2007 Further literature will be given in the lecture

Lehrveranstaltung L0334: Intelligent Systems in Medicine	
Typ	Projektseminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0333: Intelligent Systems in Medicine	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1919: Nachhaltiger Betrieb technischer Anlagen

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Grundlagen der Instandhaltung, Reparatur und Überholung (L3160)	Vorlesung	3	4
Grundlagen der Instandhaltung, Reparatur und Überholung (L3161)	Hörsaalübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Gerko Wende
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Für dieses Modul wird Hintergrundwissen im Bereich der allgemeinen Ingenieurswissenschaften, Luftfahrttechnik und Flugzeug-Systemtechnik empfohlen. Technische Disziplinen wie allgemeiner Maschinenbau, Mechatronik und Produktionstechnik werden in die relevanten luftfahrtspezifischen Themen eingeführt.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden können grundlegende Zusammenhänge für den nachhaltigen Betrieb technischer Anlagen beschreiben und Lösungswege für komplexe Optimierungsaufgaben aufzeigen.
Fertigkeiten	Die Studierenden können das allgemeine Ingenieurswissen der jeweiligen Studienrichtung für die Optimierung der Nachhaltigkeit des Betriebs technischer Anlagen anwenden. Die erworbenen Fertigkeiten ermöglichen einen Einstieg in die Entwicklung und Produktion sowie den technischen Betrieb von nachhaltigen Produkten der Mobilitätsindustrien sowie des Maschinen- und Anlagenbaus.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden können lösungsorientiert in heterogenen Kleingruppen arbeiten und Arbeitsergebnisse für ein komplexes Umfeld verschiedener Interessensgruppen vertreten.
Selbstständigkeit	Die Studierenden können selbstständig Optimierungsaufgaben lösen und eigenständig Entscheidungen für die Bewertung der zugehörigen Rahmenbedingungen treffen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	30 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Flugzeug-Systemtechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L3160: Grundlagen der Instandhaltung, Reparatur und Überholung

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Gerko Wende
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Grundlagen für den nachhaltigen Betrieb technischer Anlagen durch Instandhaltung, Reparatur und Überholung: • Lebenszyklusanalysen • Materialkreislaufwirtschaft und Serviceprodukten • Vorgaben und Regularien • Werkzeugen und Technologien • Datenaufbereitung und -nutzung • Wartungsgerechte Konstruktion • Selbstheilende technische Systeme
Literatur	-

Lehrveranstaltung L3161: Grundlagen der Instandhaltung, Reparatur und Überholung	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Gerko Wende
Sprachen	DE
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0633: Industrial Process Automation

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Prozessautomatisierungstechnik (L0344)	Vorlesung	2	3
Prozessautomatisierungstechnik (L0345)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Schlaefer
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	mathematics and optimization methods principles of automata principles of algorithms and data structures programming skills
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students can evaluate and assess discrete event systems. They can evaluate properties of processes and explain methods for process analysis. The students can compare methods for process modelling and select an appropriate method for actual problems. They can discuss scheduling methods in the context of actual problems and give a detailed explanation of advantages and disadvantages of different programming methods. The students can relate process automation to methods from robotics and sensor systems as well as to recent topics like 'cyberphysical systems' and 'industry 4.0'.
Fertigkeiten	The students are able to develop and model processes and evaluate them accordingly. This involves taking into account optimal scheduling, understanding algorithmic complexity, and implementation using PLCs.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	The students can independently define work processes within their groups, distribute tasks within the group and develop solutions collaboratively.
Selbstständigkeit	The students are able to assess their level of knowledge and to document their work results adequately.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Nein 10 % Übungsaufgaben
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Luftfahrttechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- foundations of problem solving and system modeling, discrete event systems - properties of processes, modeling using automata and Petri-nets - design considerations for processes (mutex, deadlock avoidance, liveness) - optimal scheduling for processes - optimal decisions when planning manufacturing systems, decisions under uncertainty - software design and software architectures for automation, PLCs
Literatur	J. Lunze: „Automatisierungstechnik“, Oldenbourg Verlag, 2012 Reisig: Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien; Vieweg+Teubner 2010 Hrúz, Zhou: Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems; Springer 2007 Li, Zhou: Deadlock Resolution in Automated Manufacturing Systems, Springer 2009 Pinedo: Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer 2009

Lehrveranstaltung L0345: Industrial Process Automation	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Schlaefer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0720: Matrixalgorithmen

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Matrixalgorithmen (L0984)	Vorlesung	2	3
Matrixalgorithmen (L0985)	Gruppenübung	2	3

Modulverantwortlicher	Dr. Jens-Peter Zemke
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	• Mathematik I - III • Numerische Mathematik 1/ Numerik • Grundkenntnisse der Programmiersprachen Matlab und C
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können 1. Krylov-Raum-Verfahren des neuesten Standes zur Lösung einiger Kernprobleme der Ingenieurwissenschaften im Bereich der Eigenwertaufgaben, der Lösung linearer Gleichungssysteme und der Modellreduktion benennen, wiedergeben und klassifizieren; 2. Ansätze zur Lösung von Matrixgleichungen (Sylvester, Lyapunov, Riccati) benennen.
Fertigkeiten	Studierende sind in der Lage, 1. grundlegende Krylov-Raum-Verfahren zur Lösung des Eigenwertproblemes, linearer Gleichungssysteme und zur Modellreduktion zu implementieren und zu bewerten; 2. die in moderner Software verwendeten Verfahren bezüglich der Rechenzeit, Stabilität und ihrer Grenzen einzuschätzen; 3. die gelernten Verfahren an neue, unbekannte Problemstellungen zu adaptieren.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können • in kleinen Gruppen Lösungen erarbeiten und dokumentieren; • in Gruppen Ideen weiterentwickeln und auf anderen Kontext übertragen; • im Team eine Software-Bibliothek entwickeln, aufbauen und weiterentwickeln.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig • den Aufwand und Umfang selbst definierter Aufgaben korrekt einzuschätzen; • selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen; • sich eigenständig Aufgaben zum Test und zum Ausbau der Verfahren auszudenken; • ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	25 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung I. Mathematics: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0984: Matrixalgorithmen	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Jens-Peter Zemke
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	• Teil A: Krylov-Raum-Verfahren: ◦ Grundlagen (Herleitung, Basis, Ritz, OR, MR) ◦ Arnoldi-basierte Verfahren (Arnoldi, GMRes) ◦ Lanczos-basierte Verfahren (Lanczos, CG, BiCG, QMR, SymmLQ, PvL) ◦ Sonneveld-basierte Verfahren (IDR, CGS, BiCGStab, TFQMR, IDR(s)) • Teil B: Matrixgleichungen: ◦ Sylvester-Gleichung ◦ Lyapunov-Gleichung ◦ Algebraische Riccati-Gleichung
Literatur	Skript (224 Seiten) Ergänzend können die folgenden Lehrbücher herangezogen werden: 1. Saad, Yousef. Numerical methods for large eigenvalue problems: revised edition. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2011. 2. Saad, Yousef. Iterative methods for sparse linear systems. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2003. 3. Van der Vorst, Henk A. Iterative Krylov methods for large linear systems. No. 13. Cambridge University Press, 2003. 4. Liesen, Jörg, and Zdenek Strakos. Krylov subspace methods: principles and analysis. Oxford University Press, 2013.

Lehrveranstaltung L0985: Matrixalgorithmen	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Jens-Peter Zemke
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Ergänzungsmodule

Modul M0604: High-Order FEM

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
High-Order FEM (L0280)	Vorlesung	3	4
High-Order FEM (L0281)	Hörsaalübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Düster
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Knowledge of partial differential equations is recommended.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Students are able to + give an overview of the different (h, p, hp) finite element procedures. + explain high-order finite element procedures. + specify problems of finite element procedures, to identify them in a given situation and to explain their mathematical and mechanical background.
Fertigkeiten	Students are able to + apply high-order finite elements to problems of structural mechanics. + select for a given problem of structural mechanics a suitable finite element procedure. + critically judge results of high-order finite elements. + transfer their knowledge of high-order finite elements to new problems.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Students are able to + solve problems in heterogeneous groups. + present and discuss their results in front of others. + give and accept professional constructive criticism.
Selbstständigkeit	Students are able to + assess their knowledge by means of exercises and E-Learning. + acquaint themselves with the necessary knowledge to solve research oriented tasks. + to transform the acquired knowledge to similar problems.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** Nein; **Bonus** 10 %; **Art der Studienleistung** Referat; **Beschreibung** Forschendes Lernen
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung III. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0280: High-Order FEM	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Introduction 2. Motivation 3. Hierarchic shape functions 4. Mapping functions 5. Computation of element matrices, assembly, constraint enforcement and solution 6. Convergence characteristics 7. Mechanical models and finite elements for thin-walled structures 8. Computation of thin-walled structures 9. Error estimation and hp-adaptivity 10. High-order fictitious domain methods
Literatur	[1] Alexander Düster, High-Order FEM, Lecture Notes, Technische Universität Hamburg-Harburg, 164 pages, 2014 [2] Barna Szabo, Ivo Babuska, Introduction to Finite Element Analysis – Formulation, Verification and Validation, John Wiley & Sons, 2011

Lehrveranstaltung L0281: High-Order FEM	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0605: Numerische Strukturdynamik

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Numerische Strukturdynamik (L0282)	Vorlesung	3	4
Numerische Strukturdynamik (L0283)	Gruppenübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Düster
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Vorkenntnisse bzgl. partieller Differentialgleichungen sind empfehlenswert.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können + einen Überblick über die Verfahren zur numerischen Lösung von strukturdynamischen Problemen geben. + den Einsatz von Finite-Elemente-Programmen zur Lösung von Problemen der Strukturdynamik erläutern. + mögliche Probleme strukturdynamischer Berechnungen aufzählen, im konkreten Fall erkennen und die entsprechenden mathematischen und mechanischen Hintergründe erläutern.
Fertigkeiten	Studierende sind in der Lage + strukturdynamische Probleme zu modellieren. + für Probleme der Strukturdynamik geeignete Lösungsverfahren auszuwählen. + Berechnungsverfahren zur Lösung von Problemen der Strukturdynamik anzuwenden. + Ergebnisse von numerischen Berechnungen zur Strukturdynamik zu verifizieren und kritisch zu beurteilen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können + in heterogen zusammengesetzten Gruppen gemeinsam Lösungen erarbeiten. + ihre Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vorstellen und diskutieren. + fachlich konstruktives Feedback an Kommilitonen geben und mit Rückmeldungen zur Ihren eigenen Arbeiten umgehen.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig + ihren Kenntnisstand mit Hilfe von Übungsaufgaben und E-Learning einzuschätzen. + sich zur Lösung von forschungsorientierten Aufgaben notwendiges Wissen eigenständig zu erschließen. + das erworbene Wissen auf ähnliche Problemstellungen zu transformieren.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	2h
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0282: Numerische Strukturdynamik

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	1. Motivation 2. Grundlagen der Dynamik 3. Zeitintegrationsverfahren 4. Modalanalyse 5. Fourier-Transformation 6. Ausgewählte Beispiele
Literatur	[1] K.-J. Bathe, Finite-Elemente-Methoden, Springer, 2002. [2] J.L. Humar, Dynamics of Structures, Taylor & Francis, 2012.

Lehrveranstaltung L0283: Numerische Strukturdynamik	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	DE
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0673: Information Theory and Coding

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Informationstheorie und Codierung (L0436)	Vorlesung	3	4
Informationstheorie und Codierung (L0438)	Hörsaalübung	2	2

Modulverantwortlicher	Prof. Gerhard Bauch
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	• Mathematics 1-3 • Probability theory and random processes • Basic knowledge of communications engineering (e.g. from lecture "Fundamentals of Communications and Random Processes")
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	The students know the basic definitions for quantification of information in the sense of information theory. They know Shannon's source coding theorem and channel coding theorem and are able to determine theoretical limits of data compression and error-free data transmission over noisy channels. They understand the principles of source coding as well as error-detecting and error-correcting channel coding. They are familiar with the principles of decoding, in particular with modern methods of iterative decoding. They know fundamental coding schemes, their properties and decoding algorithms. The students are familiar with the contents of lecture and tutorials. They can explain and apply them to new problems.
Fertigkeiten	The students are able to determine the limits of data compression as well as of data transmission through noisy channels and based on those limits to design basic parameters of a transmission scheme. They can estimate the parameters of an error-detecting or error-correcting channel coding scheme for achieving certain performance targets. They are able to compare the properties of basic channel coding and decoding schemes regarding error correction capabilities, decoding delay, decoding complexity and to decide for a suitable method. They are capable of implementing basic coding and decoding schemes in software.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	The students can jointly solve specific problems.
Selbstständigkeit	The students are able to acquire relevant information from appropriate literature sources. They can control their level of knowledge during the lecture period by solving tutorial problems, software tools, clicker system.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	90 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Data Science: Vertiefung I. Mathematics: Wahlpflicht Data Science: Vertiefung IV. Special Focus Area: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Wireless and Sensor Technologies: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0436: Information Theory and Coding

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe

Inhalt	• Introduction to information theory and coding
	• Definitions of information: Self information, entropy
	• Binary entropy function
	• Source coding theorem
	• Entropy of continuous random variables: Differential entropy, differential entropy of uniformly and Gaussian distributed random variables
	• Source coding
	  ◦ Principles of lossless source coding
	  ◦ Optimal source codes
	  ◦ Prefix codes, prefix-free codes, instantaneous codes
	  ◦ Morse code
	  ◦ Huffman code
	  ◦ Shannon code
	  ◦ Bounds on the average codeword length

- Relative entropy, Kullback-Leibler distance, Kullback-Leibler divergence
- Cross entropy
- Lempel-Ziv algorithm
- Lempel-Ziv-Welch (LZW) algorithm
- Text compression and image compression using variants of the Lempel-Ziv algorithm

- Channel models
  - AWGN channel
  - Binary-input AWGN channel
  - Binary symmetric channel (BSC)
  - Relationship between AWGN channel and BSC
  - Binary error and erasure channel (BEEC)
  - Binary erasure channel (BEC)
  - Discrete memoryless channels (DMC)
- Definitions of information for multiple random variables
  - Mutual information and channel capacity
  - Entropy, conditional entropy
  - Chain rules for entropy and mutual information
- Channel coding theorem
- Channel capacity of fundamental channels: BSC, BEC, AWGN channel, binary-input AWGN channel etc.
- Power-limited vs. bandlimited transmission
- Capacity of parallel AWGN channels
  - Waterfilling
  - Examples: Multiple input multiple output (MIMO) channels, complex equivalent baseband channels, orthogonal frequency division multiplex (OFDM)
- Source-channel coding theorem, separation theorem
- Multiuser information theory
  - Multiple access channel (MAC)
  - Broadcast channel
  - Principles of multiple access, time division multiple access (TDMA), frequency division multiple access (FDMA), non-orthogonal multiple access (NOMA), hybrid multiple access
  - Achievable rate regions of TDMA and FDMA with power constraint, energy constraint, power spectral density constraint, respectively
  - Achievable rate region of the two-user and K-user multiple access channels
  - Achievable rate region of the two-user and K user broadcast channels
  - Multiuser diversity
- Channel coding
  - Principles and types of channel coding
  - Code rate, data rate, Hamming distance, minimum Hamming distance, Hamming weight, minimum Hamming weight
  - Error detecting and error correcting codes
  - Simple block codes: Repetition codes, single parity check codes, Hamming code, etc.
  - Syndrome decoding
  - Representations of binary data
  - Non-binary symbol alphabets and non-binary codes
  - Code and encoder, systematic and non-systematic encoders
  - Properties of Hamming distance and Hamming weight
  - Decoding spheres
  - Perfect codes
  - Linear codes
  - Decoding principles
    - Syndrome decoding
    - Maximum a posteriori probability (MAP) decoding and maximum likelihood (ML) decoding
    - Hard decision and soft decision decoding
    - Log-likelihood ratios (LLRs), boxplus operation
    - MAP and ML decoding using log-likelihood ratios
    - Soft-in soft-out decoders
  - Error rate performance comparison of codes in terms of SNR per info bit vs. SNR per code bit
  - Linear block codes
    - Generator matrix and parity check matrix, properties of generator matrix and parity check matrix
    - Dual codes
  - Low density parity check (LDPC) codes
    - Sparse parity check matrix
    - Tanner graphs, cycles and girth
    - Degree distributions
    - Code rate and degree distribution
    - Regular and irregular LDPC codes
    - Message passing decoding
      - Message passing decoding in binary erasure channels (BEC)
      - Systematic encoding using erasure message passing decoding
      - Message passing decoding in binary symmetric channels (BSC)
        - Extrinsic information
        - Bit-flipping decoding
        - Effects of short cycles in the Tanner graph
        - Alternative bit-flipping decoding
        - Soft decision message passing decoding: Sum product decoding
      - Bit error rate performance of LDPC codes

	▪ Repeat accumulate codes and variants of repeat accumulate codes ▪ Message passing decoding and turbo decoding of repeat accumulate codes ◦ Convolutional codes ▪ Encoding using shift registers ▪ Trellis representation ▪ Hard decision and soft decision Viterbi decoding ▪ Bit error rate performance of convolutional codes ▪ Asymptotic coding gain ▪ Viterbi decoding complexity ▪ Free distance and optimum convolutional codes ▪ Generator polynomial description and octal description ▪ Catastrophic convolutional codes ▪ Non-systematic and recursive systematic convolutional (RSC) encoders ▪ Rate compatible punctured convolutional (RCPC) codes ▪ Hybrid automatic repeat request (HARQ) with incremental redundancy ▪ Unequal error protection with punctured convolutional codes ▪ Error patterns of convolutional codes ◦ Concatenated codes ▪ Serial concatenated codes ▪ Parallel concatenated codes, Turbo codes ▪ Iterative decoding, turbo decoding ▪ Bit error rate performance of turbo codes ▪ Interleaver design for turbo codes ◦ Coded modulation ▪ Principle of coded modulation ▪ Achievable rates with PSK/QAM modulation ▪ Trellis coded modulation (TCM) ▪ Set partitioning ▪ Ungerböck codes ▪ Multilevel coding ▪ Bit-interleaved coded modulation
Literatur	Bossert, M.: Kanalcodierung. Oldenbourg. Friedrichs, B.: Kanalcodierung. Springer. Lin, S., Costello, D.: Error Control Coding. Prentice Hall. Roth, R.: Introduction to Coding Theory. Johnson, S.: Iterative Error Correction. Cambridge. Richardson, T., Urbanke, R.: Modern Coding Theory. Cambridge University Press. Gallager, R. G.: Information theory and reliable communication. Whiley-VCH Cover, T., Thomas, J.: Elements of information theory. Wiley.

Lehrveranstaltung L0438: Information Theory and Coding	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1724: Smart Monitoring

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Smart Monitoring (L2762)	Integrierte Vorlesung	2	2
Smart Monitoring (L2763)	Gruppenübung	2	4

Modulverantwortlicher	Prof. Kay Smarsly
Zulassungsvoraussetzungen	None
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge or interest in object-oriented modeling, programming, and sensor technologies are helpful. Interest in modern research and teaching areas, such as Internet of Things, Industry 4.0 and cyber-physical systems, as well as the will to deepen skills of scientific working, are required. Basic knowledge in scientific writing and good English skills.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz *Wissen*	The students will become familiar with the principles and practices of smart monitoring. The students will be able to design decentralized smart systems to be applied for continuous (remote) monitoring of systems in the built and in the natural environment. In addition, the students will learn to design and to implement intelligent sensor systems using state-of-the-art data analysis techniques, modern software design concepts, and embedded computing methodologies. Besides lectures, project work is also part of this module, which will be conducted throughout the semester and will contribute to the grade. In small groups, the students will design smart monitoring systems that integrate a number of “intelligent” sensors to be implemented by the students. Specific focus will be put on the application of machine learning techniques. The smart monitoring systems will be mounted on real-world (built or natural) systems, such as bridges or slopes, or on scaled lab structures for validation purposes. The outcome of every group will be documented in a paper. All students of this module will “automatically” participate with their smart monitoring system in the annual "Smart Monitoring" competition. The written papers and oral examinations form the final grades. The module will be taught in English. Limited enrollment.
Fertigkeiten	
Personale Kompetenzen *Sozialkompetenz*	
Selbstständigkeit	
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer und -umfang	10 Seiten Ausarbeitung mit 15-minütigem Abgabegespräch
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Water Quality and Water Engineering: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Energy and Resources: Wahlpflicht Environmental Engineering: Vertiefung Environment and Climate: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2762: Smart Monitoring

Typ	Integrierte Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kay Smarsly
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	In this course, principles of smart monitoring will be taught, focusing on modern concepts of data acquisition, data storage, and data analysis. Also, fundamentals of intelligent sensors and embedded computing will be illuminated. Autonomous software and decentralized data processing are further crucial parts of the course, including concepts of the Internet of Things, Industry 4.0 and cyber-physical systems. Furthermore, measuring principles, data acquisition systems, data management and data analysis algorithms will be discussed. Besides the theoretical background, numerous practical examples will be shown to demonstrate how smart monitoring may advantageously be used for assessing the condition of systems in the built or natural environment.
Literatur	

Lehrveranstaltung L2763: Smart Monitoring	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Kay Smarsly
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	The contents of the exercises are based on the lecture contents. In addition to the exercises, project work will be conducted throughout the semester, which will consume the majority of the workload. As part of the project work, students will design smart monitoring systems that will be tested in the laboratory or in the field. As mentioned in the module description, the students will participate in the “Smart Monitoring” competition, hosted annually by the Institute of Digital and Autonomous Construction. Students are encouraged to contribute their own ideas. The tools required to implement the smart monitoring systems will be taught in the group exercises as well as through external sources, such as video tutorials and literature.
Literatur	

Modul M0769: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0743)	Vorlesung	3	4
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0744)	Gruppenübung	1	1
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0745)	Laborpraktikum	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Christian Schuster
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Elektrotechnik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden können die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Methoden der Elektromagnetischen Verträglichkeit elektrischer und elektronischer Systeme erklären und in den Kontext des störungsfreien Aufbaus und des Nachweises der Elektromagnetischen Verträglichkeit solcher Systeme setzen. Sie können die verschiedenen Störquellen und Koppelpfade klassifizieren und erläutern. Sie können passive Entstörkonzepte für Probleme der Elektromagnetischen Verträglichkeit vorschlagen und beschreiben. Sie können einen Überblick über messtechnische und numerische Methoden zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit in der elektrotechnischen Praxis geben.
Fertigkeiten	Die Studierenden können eine Reihe von Verfahren zur Modellbildung der Elektromagnetischen Verträglichkeit typischer elektrischer und elektronischer Systeme anwenden. Sie können einschätzen, welche prinzipiellen Effekte diese Modelle in Bezug auf die Elektromagnetische Verträglichkeit vorhersagen, können diese klassifizieren und quantitativ analysieren. Sie können Lösungsstrategien aus diesen Vorhersagen ableiten und für die Anwendung in der elektrotechnischen Praxis dimensionieren. Sie können verschiedene Lösungsstrategien gegeneinander abwägen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise auf Englisch präsentieren, etwa während der praktischen Versuche und Übungen.
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Theoretischer Elektrotechnik und Nachrichtentechnik) verknüpfen. Sie können Probleme und Lösungen im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit auf Englisch kommunizieren.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Ja Keiner Referat
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	45 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Wireless and Sensor Technologies: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0743: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	• Einführung in die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) • Störquellen in Zeit- und Frequenzbereich • Kopplungsmechanismen • Leitungen und ihre Kopplung an elektromagnetische Felder • Schirmung • Filter • EMV-Prüfverfahren
Literatur	• C.R. Paul: "Introduction to Electromagnetic Compatibility", 2nd ed., (Wiley, New Jersey, 2006). • A.J. Schwab und W. Kürner: "Elektromagnetische Verträglichkeit", 6. Auflage, (Springer, Berlin 2010). • F.M. Tesche, M.V. Ianoz, and T. Karlsson: "EMC Analysis Methods and Computational Models", (Wiley, New York, 1997).

Lehrveranstaltung L0744: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Die Übung dient der Vertiefung und Einübung der Vorlesungsinhalte.
Literatur	• C.R. Paul: "Introduction to Electromagnetic Compatibility", 2nd ed., (Wiley, New Jersey, 2006). • A.J. Schwab und W. Kürner: "Elektromagnetische Verträglichkeit", 6. Auflage, (Springer, Berlin 2010). • F.M. Tesche, M.V. Ianoz, and T. Karlsson: "EMC Analysis Methods and Computational Models", (Wiley, New York, 1997). • Scientific articles and papers

Lehrveranstaltung L0745: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Mit Hilfe von Laborversuchen werden die folgenden Themenfelder der EMV praktisch untersucht: • Schirmung • Leitungsgeführte EMV-Prüfverfahren • Die GTEM-Zelle als feldgebundene Prüfumgebung
Literatur	Versuchsbeschreibungen und zugehörige Literatur werden innerhalb der Veranstaltung bereit gestellt.

Modul M0603: Nichtlineare Strukturanalyse

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Nichtlineare Strukturanalyse (L0277)	Vorlesung	3	4
Nichtlineare Strukturanalyse (L0279)	Gruppenübung	1	2

Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Düster
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Vorkenntnisse bzgl. partieller Differentialgleichungen sind empfehlenswert.
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Studierende können + einen Überblick über die verschiedenen nichtlinearen strukturmechanischen Phänomene geben. + den mechanischen Hintergrund von nichtlinearen Phänomenen in der Strukturmechanik erläutern. + mögliche Probleme bei der nichtlinearen Strukturanalyse aufzählen, im konkreten Fall erkennen und die entsprechenden mathematischen und mechanischen Hintergründe erläutern.
Fertigkeiten	Studierende sind in der Lage + nichtlineare strukturmechanische Probleme zu modellieren. + für gegebene nichtlineare strukturmechanische Probleme das geeignete Berechnungsverfahren auszuwählen. + Finite-Elemente-Verfahren auf nichtlineare strukturmechanische Probleme anzuwenden. + Ergebnisse von nichtlinearen finiten Elemente Berechnungen zu verifizieren und kritisch zu beurteilen. + die Vorgehensweise zur Lösung von nichtlinearen Problemen auf neue Problemstellungen zu übertragen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können + in heterogen zusammengesetzten Gruppen gemeinsam Lösungen erarbeiten. + ihre Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vorstellen und diskutieren. + fachlich konstruktives Feedback an Kommilitonen geben und mit Rückmeldungen zur Ihren eigenen Arbeiten umgehen.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig + ihren Kenntnisstand mit Hilfe von Übungsaufgaben und E-Learning einzuschätzen. + sich zur Lösung von forschungsorientierten Aufgaben notwendiges Wissen eigenständig zu erschließen. + das erworbene Wissen auf ähnliche Problemstellungen zu transformieren.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Leistungspunkte	6
Studienleistung	Keine
Prüfung	Klausur
Prüfungsdauer und -umfang	120 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht Bauingenieurwesen: Vertiefung Modellierung und Simulation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Bauingenieurwesen: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Modellierung: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Ship and Offshore Technology: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0277: Nichtlineare Strukturanalyse	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	1. Einleitung 2. Nichtlineare Phänomene 3. Mathematische Grundlagen 4. Kontinuumsmechanische Grundlagen 5. Räumliche Diskretisierung mit Finiten Elementen 6. Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme 7. Lösung elastoplastischer Probleme 8. Stabilitätsprobleme 9. Kontaktprobleme
Literatur	[1] Alexander Düster, Nonlinear Structrual Analysis, Lecture Notes, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2014. [2] Peter Wriggers, Nonlinear Finite Element Methods, Springer 2008. [3] Peter Wriggers, Nichtlineare Finite-Elemente-Methoden, Springer 2001. [4] Javier Bonet and Richard D. Wood, Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis, Cambridge University Press, 2008.

Lehrveranstaltung L0279: Nichtlineare Strukturanalyse	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Alexander Düster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0781: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0770)	Vorlesung	3	4
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0771)	Gruppenübung	1	1
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0774)	Laborpraktikum	1	1

Modulverantwortlicher	Prof. Christian Schuster
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Elektrotechnik
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	Die Studierenden können die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Methoden der Signalintegrität und der Güte der Spannungsversorgung (Powerintegrität) elektronischer Systeme erklären und in den Kontext des störungsfreien Aufbaus bzw. der elektromagnetischen Verträglichkeit solcher Systeme setzen. Sie können das prinzipielle Verhalten von Signalen und Spannungsversorgung vor dem Hintergrund der typischen Aufbau- und Verbindungstechnik erläutern. Sie können Lösungsstrategien für Probleme der Signal- und Powerintegrität vorschlagen und beschreiben. Sie können einen Überblick über messtechnische und numerische Methoden zur Charakterisierung der Signal- und Powerintegrität in der elektrotechnischen Praxis geben.
Fertigkeiten	Die Studierenden können eine Reihe von Verfahren zur Modellbildung zur Beschreibung des elektromagnetischen Verhaltens typischer Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme anwenden. Sie können einschätzen, welche prinzipiellen Effekte diese Modelle in Bezug auf die Signal- und Powerintegrität vorhersagen, können diese klassifizieren und quantitativ analysieren. Sie können Lösungsstrategien aus diesen Vorhersagen ableiten und für die Anwendung in der elektrotechnischen Praxis dimensionieren. Sie können verschiedene Lösungsstrategien gegeneinander abwägen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise auf Englisch präsentieren (z.B. während der CAD-Übungen).
Selbstständigkeit	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Theoretischer Elektrotechnik, Nachrichtentechnik und Halbleiterschaltungstechnik) verknüpfen. Sie können Probleme und Lösungen im Bereich der Signal- und Powerintegrität der Aufbau- und Verbindungstechnik auf Englisch kommunizieren.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
Leistungspunkte	6
Studienleistung	**Verpflichtend** **Bonus** **Art der Studienleistung** **Beschreibung** Ja Keiner Referat
Prüfung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer und -umfang	45 min
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Wireless and Sensor Technologies: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0770: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Die Rolle von Packages und Interconnects in elektronischen Systemen - Komponenten der Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme - Hauptziele und Konzepte der Signal- und Powerintegrität elektronischer Systeme - Wiederholung relevanter Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie - Eigenschaften digitaler Signale und Systeme - Entwurf und Charakterisierung der Signalintegrität - Entwurf und Charakterisierung der Spannungsversorgung - Techniken und Geräte zur Messung in Zeit- und Frequenzbereich - CAD-Werkzeuge für elektrische Analyse und Entwurf von Packages und Interconnects - Bezug zur gesamten elektromagnetischen Verträglichkeit von elektronischen Systemen
Literatur	- J. Franz, "EMV: Störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen", Springer (2012) - R. Tummala, "Fundamentals of Microsystems Packaging", McGraw-Hill (2001) - S. Ramo, J. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley (1994) - S. Thierauf, "Understanding Signal Integrity", Artech House (2010) - M. Swaminathan, A. Engin, "Power Integrity Modeling and Design for Semiconductors and Systems", Prentice-Hall (2007)

Lehrveranstaltung L0771: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0774: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	- Die Rolle von Packages und Interconnects in elektronischen Systemen - Komponenten der Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme - Hauptziele und Konzepte der Signal- und Powerintegrität elektronischer Systeme - Wiederholung relevanter Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie - Eigenschaften digitaler Signale und Systeme - Entwurf und Charakterisierung der Signalintegrität - Entwurf und Charakterisierung der Spannungsversorgung - Techniken und Geräte zur Messung in Zeit- und Frequenzbereich - CAD-Werkzeuge für elektrische Analyse und Entwurf von Packages und Interconnects - Bezug zur gesamten elektromagnetischen Verträglichkeit von elektronischen Systemen
Literatur	- J. Franz, "EMV: Störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen", Springer (2012) - R. Tummala, "Fundamentals of Microsystems Packaging", McGraw-Hill (2001) - S. Ramo, J. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley (1994) - S. Thierauf, "Understanding Signal Integrity", Artech House (2010) - M. Swaminathan, A. Engin, "Power Integrity Modeling and Design for Semiconductors and Systems", Prentice-Hall (2007)

Thesis

Modul M-002: Masterarbeit

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP

Modulverantwortlicher	Professoren der TUHH
Zulassungsvoraussetzungen	• Laut ASPO § 21 (1): Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.
Empfohlene Vorkenntnisse	keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz	
Wissen	• Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen. • Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen. • Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen.
Fertigkeiten	• Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln. • Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden. • Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen.
Personale Kompetenzen	
Sozialkompetenz	Studierende können • eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen. • in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten.
Selbstständigkeit	Studierende sind fähig, • ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abzuarbeiten. • sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen. • Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden.
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0
Leistungspunkte	30
Studienleistung	Keine
Prüfung	Abschlussarbeit
Prüfungsdauer und -umfang	laut ASPO
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht Data Science: Abschlussarbeit: Pflicht Elektrotechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energietechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Environmental Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Flugzeug-Systemtechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Global Innovation Management: Abschlussarbeit: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Information and Communication Systems: Abschlussarbeit: Pflicht Interdisciplinary Mathematics: Abschlussarbeit: Pflicht International Production Management: Abschlussarbeit: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Abschlussarbeit: Pflicht

	Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Abschlussarbeit: Pflicht Luftfahrttechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Materials Science and Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Materialwissenschaft: Abschlussarbeit: Pflicht Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht Mechatronics: Abschlussarbeit: Pflicht Medizingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht Teilstudiengang Lehramt Metalltechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht