

# Curriculum für das Masterstudium

## Digital Engineering

Curriculum 2022

Dieses Curriculum wurde vom Senat der Technischen Universität Graz in der Sitzung vom 7. März 2022 genehmigt.

Rechtsgrundlagen für dieses Studium sind das Universitätsgesetz (UG) sowie die studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der TU Graz in der jeweils geltenden Fassung.

### Inhaltsverzeichnis

I	Allgemeines .....	3
§ 1	Gegenstand des Studiums und Qualifikationsprofil.....	3
II	Allgemeine Bestimmungen .....	4
§ 2	Zulassungsbedingungen:.....	4
§ 3	Zuteilung von ECTS-Anrechnungspunkten.....	5
§ 4	Gliederung des Studiums.....	6
§ 5	Lehrveranstaltungstypen.....	7
§ 6	Gruppengrößen.....	7
§ 7	Richtlinien zur Vergabe von Plätzen für Lehrveranstaltungen.....	7
III	Studieninhalt und Studienablauf .....	8
§ 8	Module, Lehrveranstaltungen und Semesterzuordnung .....	8
§ 9	Wahlmodule .....	10
§ 10	Frei wählbare Lehrveranstaltungen .....	15
§ 11	Masterarbeit.....	15
§ 12	Anmeldevoraussetzungen für Lehrveranstaltungen/Prüfungen .....	15
§ 13	Auslandsaufenthalte und Praxis .....	15
IV	Prüfungsordnung und Studienabschluss.....	16
§ 14	Prüfungsordnung .....	16
§ 15	Studienabschluss.....	17
V	Inkrafttreten und Übergangsbestimmungen .....	17
§ 16	Inkrafttreten.....	17
	Anhang I .....	18

---

Modulbeschreibungen und Art der Leistungsüberprüfung.....	18
Anhang II .....	28
Empfohlene frei wählbare Lehrveranstaltungen.....	28
Anhang III .....	29
Lehrveranstaltungstypen.....	29

## I Allgemeines

### § 1 Gegenstand des Studiums und Qualifikationsprofil

Das ingenieurwissenschaftliche Masterstudium Digital Engineering umfasst vier Semester. Der Gesamtumfang beträgt 120 ECTS-Anrechnungspunkte gem. § 54 Abs. 3 UG.

Das Masterstudium Digital Engineering wird als fremdsprachiges Studium gemäß § 63a Abs. 8 UG in englischer Sprache durchgeführt.

Absolvent\*innen dieses Studiums wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieur\*in“, abgekürzt: „Dipl.-Ing.“ oder „DI“ verliehen. Dieser akademische Grad entspricht international dem „Master of Science“, abgekürzt: „MSc“.

#### (1) Gegenstand des Studiums

Das Masterstudium Digital Engineering sieht, aufbauend auf das zugehörige Bachelorstudium, eine breite Kompetenzerweiterung des methodenorientierten Wissens in den Bereichen der mathematischen Modellierung, der numerischen Simulation und des systematischen Entwurfes von Regelkreisen für komplexe vernetzte dynamische Systeme an der Schnittstelle von Elektrotechnik, Informatik und Maschinenbau vor. Die im Studium gelehrtten Fähigkeiten werden anhand von Problemstellungen aus einer zu wählenden interdisziplinär ausgerichteten Spezialisierungsrichtung vertieft.

#### (2) Qualifikationsprofil und Kompetenzen

Der erfolgreiche Abschluss des Masterstudiums Digital Engineering bestätigt eine überdurchschnittlich hohe Kompetenz zum eigenverantwortlichen und systematischen Lösen ingenieurwissenschaftlicher Problemstellungen, die beim Entwurf und der Realisierung komplexer vernetzter Systeme auftreten.

Die Absolventen\*innen verfügen über Kenntnisse

- zur physikalisch motivierten und datengetriebenen Modellierung komplexer dynamischer Systeme,
- von Algorithmen aus der numerischen Optimierung und Simulation und
- zum Entwurf und zur Realisierung von komplexen vernetzten dynamischen Systemen an der Schnittstelle von Elektrotechnik, Informatik und Maschinenbau.

Zusätzlich besitzen sie die Fertigkeit,

- ihr grundlagenorientiertes ingenieurwissenschaftliches Wissen auf konkrete anspruchsvolle Problemstellungen anzuwenden,
- multidisziplinäre Aufgabenstellungen in ihrer Vernetzung entsprechend geeignete Teilprobleme zu strukturieren, so dass diese erfolgreich gelöst werden können,

- linearere und nichtlinearere Regelkreise zu entwerfen und auf eingebetteten Systemen zu realisieren und
- vorgegebene oder selbstentworfenen Algorithmen der Regelungstechnik, der Optimierung oder der numerischen Simulation zu implementieren.

#### Ihre Kompetenz

- sich selbständig in neue Wissensgebiete einzuarbeiten,
- sich in internationalen und interdisziplinären Projektgruppen einzubringen und
- neu erworbenes Wissen in ihren Tätigkeitsbereich zu integrieren und diesen dadurch weiterzuentwickeln

ermöglicht ihnen den Einstieg in viele unterschiedliche technische Branchen, sowohl in Wissenschaft und Forschung als auch in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen von Industriebetrieben.

#### (3) Bedarf und Relevanz des Studiums für die Wissenschaft und für den Arbeitsmarkt

Durch die Digitalisierung kann eine stetig steigende Vernetzung technischer Systeme beobachtet werden, die mit ihrer physischen Umgebung eng interagieren. Einerseits wird dadurch ein zentraler Beitrag zur Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse geleistet, andererseits werden die zu realisierenden Gesamtsysteme in ihrem Entwurf und ihrer Entwicklung immer komplexer. Betroffen davon ist, ausnahmslos, die gesamte Bevölkerung, da Bereiche wie Produktion, Transport, Mobilität, Energie- und Umweltsysteme aber auch die Medizin ihren Fortschritt nur durch geeignete technische Systeme und deren Vernetzung erzielen. Damit ist auch der steigende Bedarf an Ingenieurinnen und Ingenieuren mit Fähigkeiten wie sie nach erfolgreicher Absolvierung des Masterstudiums Digital Engineering vorliegen, erkennbar.

## II Allgemeine Bestimmungen

### § 2 Zulassungsbedingungen:

- (1) Die Zulassung zu einem Masterstudium setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines fachlich in Frage kommenden Fachhochschul-Bachelorstudienganges oder eines anderen gleichwertigen Studiums im Ausmaß von mindestens 180 ECTS-Anrechnungspunkten an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus (§ 64 Abs. 3 UG).
- (2) Das Masterstudium Digital Engineering baut auf dem Bachelorstudium Digital Engineering der Technischen Universität Graz auf. Die Absolventen\*innen dieses Bachelorstudiums oder des Bachelorstudiums Mechatronik an der Johannes-Kepler-Universität Linz werden ohne Auflagen zum Masterstudium Digital Engineering an der Technischen Universität Graz zugelassen.
- (3) Andere Studien, die Aspekte der Elektro- und Informationstechnik, der Informatik und des Maschinenbaus in einem ausreichend hohen Ausmaß abdecken, kommen fachlich für eine Anrechnung in Frage. In diesem Fall können zur Erlangung der vollen Gleichwertigkeit Lehrveranstaltungen des Bachelorstudiums Digital Engineering der Technischen Universität Graz im

Ausmaß von bis zu 30 ECTS-Anrechnungspunkten durch den\*die Studiendekan\*in vorgeschrieben werden. Die Bachelorstudien Information and Computer Engineering, Elektrotechnik und Maschinenbau der Technischen Universität Graz sind hierfür grundsätzlich geeignet. Die Anerkennung dieser zusätzlich zu erbringenden Leistungen ist für den Bereich der frei wählbaren Lehrveranstaltungen bis zu einem Umfang von 5 ECTS zulässig.

- (4) Um einen Gesamtumfang der aufbauenden Studien von 300 ECTS-Anrechnungspunkten zu erreichen, ist die Zuordnung ein und derselben Lehrveranstaltung sowohl im zur Zulassung berechtigenden Bachelorstudium als auch im gegenständlichen Masterstudium ausgeschlossen.

### **§ 3 Zuteilung von ECTS-Anrechnungspunkten**

Allen von den Studierenden zu erbringenden Leistungen werden ECTS-Anrechnungspunkte zugeteilt. Mit diesen ECTS-Anrechnungspunkten ist der relative Anteil des mit den einzelnen Studienleistungen verbundenen Arbeitspensums zu bestimmen, wobei das Arbeitspensum eines Jahres 1500 Echtstunden zu betragen hat und diesem Arbeitspensum 60 ECTS-Anrechnungspunkte zugeteilt werden (entsprechend einem Umfang von 25 Echtstunden je ECTS-Anrechnungspunkt). Das Arbeitspensum umfasst den Selbststudienanteil und die Semesterstunden. Eine Semesterstunde entspricht 45 Minuten pro Unterrichtswoche des Semesters.

## § 4 Gliederung des Studiums

Das Masterstudium Digital Engineering mit einem Arbeitsaufwand von 120 ECTS-Anrechnungspunkten umfasst vier Semester. Zum Abschluss des Studiums sind das Pflichtmodul A, die Modulgruppe B, eine den Vertiefungsrichtungen zugeordnete Modulgruppe (C – H) sowie die frei wählbaren Lehrveranstaltungen und die Masterarbeit zu absolvieren.

Die Gliederung des Studiums ist in der folgenden Tabelle verdeutlicht.

	ECTS-Anrechnungspunkte		Summen	
<b>Modulgruppe A: Expansion of mathematical competence</b>				
Pflichtmodul A			11,5	
<b>Modulgruppe B: Modeling, Simulation and Control of Cyberphysical Systems</b>				
Pflichtmodul B1 – Modeling and Simulation	9		18	
Pflichtmodul B2 – Signals and Systems	9			
<b>Vertiefungsrichtungen</b>				
<b>Modulgruppe C: Robotics</b>				
Pflichtmodul C1: Robotics – Fundamentals	13	48	48	
Wahlmodul C2: Robotics – Electives	35			
<b>Modulgruppe D: Production and Logistics</b>				
Pflichtmodul D1: Production and Logistics – Fundamentals	13,5	48		
Wahlmodul D2: Production and Logistics – Electives	34,5			
<b>Modulgruppe E: Mobility and Transportation</b>				
Pflichtmodul E1: Mobility and Transportation – Fundamentals	12	48		
Wahlmodul E2: Mobility and Transportation – Electives	36			
<b>Modulgruppe F: Internet of Things</b>				
Pflichtmodul F1: Internet of Things – Fundamentals	13	48		
Wahlmodul F2: Internet of Things – Electives	35			
<b>Modulgruppe G: Energy and Environmental Systems</b>				
Pflichtmodul G1: Energy and Environmental Systems – Fundamentals	13,5	48		
Wahlmodul G2: Energy and Environmental Systems – Electives	34,5			
<b>Modulgruppe H: Computational Science and Engineering</b>				
Pflichtmodul H1: Computational Science and Engineering – Fundamentals	13	48		
Wahlmodul H2: Computational Science and Engineering – Electives	35			
Frei wählbare Lehrveranstaltungen			12,5	
Masterarbeit			30	
Summe			120	

## § 5 Lehrveranstaltungstypen

Lehrveranstaltungstypen, die an der TU Graz angeboten werden, sind im § 4 des Satzungsteils Studienrecht geregelt (siehe Anhang III).

## § 6 Gruppengrößen

Folgende maximale Teilnehmendenzahlen (Gruppengrößen) werden festgelegt:

Vorlesung (VO) Vorlesungsanteil von VU	Keine Beschränkung
Übung (UE) Übungsanteil von VU	25
Konstruktionsübung (KU)	30
Laborübung (LU)	6
Projekt (PT)	15

## § 7 Richtlinien zur Vergabe von Plätzen für Lehrveranstaltungen

- (1) Melden sich mehr Studierende zu einer Lehrveranstaltung an als verfügbare Plätze vorhanden sind, sind parallele Lehrveranstaltungen vorzusehen, im Bedarfsfall auch in der vorlesungsfreien Zeit.
- (2) Können nicht im ausreichenden Maß parallele Lehrveranstaltungen (Gruppen) angeboten werden, sind Studierende nach folgender Prioritätsordnung in die Lehrveranstaltung aufzunehmen:
  - a. Die Lehrveranstaltung ist für die\*den Studierende\*n verpflichtend im Curriculum vorgeschrieben.
  - b. Die Summe der im betreffenden Studium positiv absolvierten Lehrveranstaltungen (gesamt ECTS-Anrechnungspunkte)
  - c. Das Datum (Priorität früheres Datum) der Erfüllung der Teilnahmevoraussetzung.
  - d. Studierende, welche bereits einmal zurückgestellt wurden oder die Lehrveranstaltung wiederholen müssen, sind bei der nächsten Abhaltung der Lehrveranstaltung bevorzugt aufzunehmen.
  - e. Die Note der Prüfung - bzw. der Notendurchschnitt der Prüfungen (gewichtet nach ECTS-Anrechnungspunkten) - über die Lehrveranstaltung(en) der Teilnahmevoraussetzung
  - f. Studierende, für die solche Lehrveranstaltungen zur Erfüllung des Curriculums nicht notwendig sind, werden lediglich nach Maßgabe freier Plätze berücksichtigt; die Aufnahme in eine eigene Ersatzliste ist möglich. Es gelten sinngemäß die obigen Bestimmungen.
- (3) An Studierende, die im Rahmen von Mobilitätsprogrammen einen Teil ihres Studiums an der TU Graz absolvieren, werden vorrangig bis zu 10% der vorhandenen Plätze vergeben.

### III Studieninhalt und Studienablauf

#### § 8 Module, Lehrveranstaltungen und Semesterzuordnung

Die einzelnen Lehrveranstaltungen dieses Masterstudiums und deren Gliederung in Pflicht- und Wahlmodule sind nachfolgend angeführt. Die in den Modulen zu vermittelnden Kenntnisse, Methoden oder Fertigkeiten werden im Anhang I näher beschrieben. Die Zuordnung der Lehrveranstaltungen zur Semesterfolge ist eine Empfehlung und stellt sicher, dass die Abfolge der Lehrveranstaltungen optimal auf Vorwissen aufbaut und das Arbeitspensum des Studienjahres 60 ECTS-Anrechnungspunkte nicht überschreitet. Der Abfassung der Masterarbeit ist das vierte Semester gewidmet.

Wie in §4 beschrieben, sind die Modulgruppen A und B, eine der unter den Vertiefungsrichtungen gelisteten Modulgruppen C bis H sowie die frei wählbaren Lehrveranstaltungen und die Masterarbeit zu absolvieren.

Masterstudium Digital Engineering									
Modul	Lehrveranstaltung	SSt.	LV		ECTS	Semester mit ECTS-Anrechnungspunkten			
			Typ			I	II	III	IV
<b>Modulgruppe A: Expansion of mathematical competence</b>									
<b>Pflichtmodul A</b>									
A.1	Numerische Optimierung <sup>EN</sup>	3	VO		4,5	4,5			
A.2	Numerische Optimierung <sup>EN</sup>	2	UE		2,5	2,5			
A.3	Stochastic Processes	3	VU <sup>(2)</sup>		4,5	4,5			
<b>Zwischensumme Pflichtmodul A</b>		<b>8</b>			<b>11,5</b>	<b>11,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Modulgruppe B: Modeling, Simulation and Control of Cyberphysical Systems</b>									
<b>Pflichtmodul B1: Modeling and Simulation</b> Aus diesem Pflichtmodul sind mindestens 9 ECTS zu absolvieren									
B1.1	Computational Intelligence	2	VO		3		3		
B1.2	Computational Intelligence	1	UE		1,5		1,5		
B1.3	Foundations of Physics for DE	2	VO		3		3		
B1.4	Foundations of Physics for DE	1	UE		1,5		1,5		
B1.5	Multibody Dynamics	4	VU <sup>(2)</sup>		5	5			
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B1</b>					<b>9 ECTS aus den angebotenen 14 ECTS</b>				
<b>Pflichtmodul B2: Signals and Systems</b> Aus diesem Pflichtmodul sind mindestens 9 ECTS zu absolvieren									
B2.1	Embedded Systems	2	VO		3		3		
B2.2	Embedded Systems, Laboratory	1	LU		1,5		1,5		
B2.3	Nonlinear Control Systems	2	VO		3	3			
B2.4	Nonlinear Control Systems	2	UE		3	3			
B2.5	Fundamentals of Digital Communications	2	VO		3	3			
B2.6	Fundamentals of Digital Communications	1	UE		1,5	1,5			
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B2</b>					<b>9 ECTS aus den angebotenen 15 ECTS</b>				
<b>Zwischensumme Modulgruppe B</b>		<b>18</b>							



Vertiefungsrichtungen: Es ist eine der folgenden Modulgruppen zu absolvieren.							
<b>Modulgruppe C: Robotics</b>							
<b>Pflichtmodul C1: Robotics – Fundamentals</b>							
C1.1	Advanced Robotics	2	VO	3		3	
C1.2	Advanced Robotics	1	LU	2		2	
C1.3	Construction of Mobile Robots	2	PT	5	5		
C1.4	Software Engineering for Autonomous Robots	2	VU <sup>(1)</sup>	3	3		
<b>Zwischensumme Modulgruppe C</b>		<b>7</b>		<b>13</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>0 0</b>
<b>Summe Wahlmodul C2 lt. § 9</b>				<b>35</b>			
<b>Summe verpflichtende ECTS Modulgruppe C</b>				<b>48</b>			

<b>Modulgruppe D: Production and Logistics</b>							
<b>Pflichtmodul D1: Production and Logistics – Fundamentals</b>							
D1.1	Robotics and Automation	2	VO	3		3	
D1.2	Design of Production Systems	2	VO	3		3	
D1.3	Prozessautomatisierung <sup>EN</sup>	2	VO	3		3	
D1.4	Prozessautomatisierung, Labor <sup>EN</sup>	2	LU	2,5		2,5	
D1.5	Modeling and Optimization in Production and Logistic Systems	2	VU <sup>(1)</sup>	2		2	
<b>Zwischensumme Modulgruppe D</b>		<b>10</b>		<b>13,5</b>	<b>0</b>	<b>13,5</b>	<b>0 0</b>
<b>Summe Wahlmodul D2 lt. § 9</b>				<b>34,5</b>			
<b>Summe verpflichtende ECTS Modulgruppe D</b>				<b>48</b>			

<b>Modulgruppe E: Mobility and Transportation</b>							
<b>Pflichtmodul E1: Mobility and Transportation – Fundamentals</b>							
E1.1	Automotive Engineering 1	2	VO	3	3		
E1.2	Electric Vehicles and E-Mobility Systems	2	VO	3		3	
E1.3	Vehicle Dynamics	3	VU <sup>(1)</sup>	3	3		
E1.4	Embedded Mechatronic Architectures	2	VO	3	3		
<b>Zwischensumme Modulgruppe E</b>		<b>9</b>		<b>12</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>0 0</b>
<b>Summe Wahlmodul E2 lt. § 9</b>				<b>36</b>			
<b>Summe verpflichtende ECTS Modulgruppe E</b>				<b>48</b>			

<b>Modulgruppe F: Internet of Things</b>							
<b>Pflichtmodul F1 – Internet of Things – Fundamentals</b>							
F1.1	Information Security	2,5	VO	4	4		
F1.2	Information Security	2,5	KU	3	3		
F1.3	Sensor Networks	2	VU <sup>(2)</sup>	3		3	
F1.4	Sensor Networks, Laboratory	2	LU	3		3	
<b>Zwischensumme Modulgruppe F</b>		<b>9</b>		<b>13</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0 0</b>
<b>Summe Wahlmodul F2 lt. § 9</b>				<b>35</b>			
<b>Summe verpflichtende ECTS Modulgruppe F</b>				<b>48</b>			

<b>Modulgruppe G: Energy and Environmental Systems</b>							
<b>Pflichtmodul G1: Energy and Environmental Systems – Fundamentals</b>							
G1.1	Energy Storage Systems	2	VO	3		3	
G1.2	Energy Storage Systems, Laboratory	1	LU	1,5		1,5	

G1.3	Environmental Sensing	2	VO	3	3			
G1.4	Thermal Conversion Routes for Energetic Biomass Utilisation I	2	VO	3	3			
G1.5	Angewandte Energieplanung <sup>EN</sup>	2	VU <sup>(1)</sup>	3		3		
<b>Zwischensumme Modulgruppe G</b>		<b>9</b>		<b>13,5</b>	<b>6</b>	<b>7,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Summe Wahlmodul G2 lt § 9</b>				<b>34,5</b>				
<b>Summe verpflichtende ECTS Modulgruppe G</b>				<b>48</b>				

<b>Modulgruppe H: Computational Science and Engineering</b>								
<b>Pflichtmodul H1: Computational Science and Engineering – Fundamentals</b>								
H1.1	Multiphysical Simulation I	2	VO	3	3			
H1.2	Multiphysical Simulation I	1	UE	1,5	1,5			
H1.3	Technische Numerik 2 <sup>EN</sup>	2	VO	3		3		
H1.4	Technische Numerik 2 <sup>EN</sup>	1	UE	1		1		
H1.5	Continuum Mechanics	3	VU <sup>(1)</sup>	4,5	4,5			
<b>Zwischensumme Modulgruppe H</b>		<b>9</b>		<b>13</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Summe Wahlmodul H2 lt § 9</b>				<b>35</b>				
<b>Summe verpflichtende ECTS Modulgruppe H</b>				<b>48</b>				

<b>Masterarbeit</b>								<b>30</b>
<b>Frei wählbare Lehrveranstaltungen lt. § 10</b>								<b>12,5</b>
<b>Summe Gesamt</b>				<b>120</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

EN Die Abhaltungssprache dieser Lehrveranstaltungen ist Englisch, obwohl sie einen deutschen Lehrveranstaltungstitel besitzen.

(1).....1/2 Vorlesungsteil, 1/2 Übungsteil

(2).....2/3 Vorlesungsteil, 1/3 Übungsteil

## § 9 Wahlmodule

Im Zuge des Masterstudiums Digital Engineering ist eine Vertiefungsrichtung in Form einer Modulgruppe (C-H) zu absolvieren. Eine bei den Vertiefungsrichtungen gelistete Modulgruppe ist dann absolviert, wenn das Pflichtmodul vollständig und zumindest der in der Tabelle in §4 angegebene Umfang an ECTS-Credits des zugehörigen Wahlmoduls absolviert wurden.

Für das Wahlmodul Robotics sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 35 ECTS-Anrechnungspunkten aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

<b>Wahlmodul C2: Robotics – Electives</b>					
Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Context-Aware Computing	2	VO	3	3	
Context-Aware Computing	1	UE	1,5	1,5	
Industrieroboter <sup>EN/DE</sup>	2	VU <sup>(2)</sup>	2	2	
Smart Factory	3	LU	3	3	
State Estimation and Filtering	2	VO	3	3	
State Estimation and Filtering	1	UE	1,5	1,5	
Designing Interactive Systems	2	VU <sup>(1)</sup>	3		3
Grundlagen der Artificial Intelligence und Logik <sup>DE</sup>	2	VU <sup>(1)</sup>	3		3
Intelligent User Interfaces	3	VU <sup>(2)</sup>	5	5	

**Wahlmodul C2: Robotics – Electives**

Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Autonomously Learning Systems	2	VO	3	3	
Autonomously Learning Systems	1	KU	2	2	
Intelligent Systems	2	VO	3		3
Intelligent Systems	1	KU	2		2
Computer Vision <sup>DE</sup>	2	VU <sup>(1)</sup>	2,5		2,5
Sensorsysteme <sup>DE</sup>	2	VO	3		3
Sensorsysteme, Labor <sup>DE</sup>	1	LU	1,5		1,5
Robot Vision	2	VO	3		3
Robot Vision	1	KU	2		2
Control of Electric Drives and Machines	2	VO	3	3	
Control of Electric Drives and Machines, Laboratory	2	LU	3	3	
Camera Drones	3	VU <sup>(3)</sup>	5	5	
Selected Topics of Robotics	2	VO	3	3	3

Für das Wahlmodul Production and Logistics sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 34,5 ECTS-Anrechnungspunkten aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

**Wahlmodul D2: Production and Logistics – Electives**

Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Industrielle Logistiksysteme <sup>EN/DE</sup>	2	VO	3		3
Engineering and Automation Technologies in Intralogistics	3	VU <sup>(2)</sup>	3	3	
Mechatronik Systems Engineering <sup>EN/DE</sup>	3	VU <sup>(1)</sup>	3	3	
Material Flow Planning and System Design	3	VU <sup>(2)</sup>	3	3	
Hydraulische Steuerungen und geregelte Antriebe <sup>EN/DE</sup>	2	VU <sup>(2)</sup>	2	2	
Control of Electric Drives and Machines	2	VO	3	3	
Control of Electric Drives and Machines, Laboratory	2	LU	3	3	
Produktion im Automobilbau <sup>EN/DE</sup>	2	VU <sup>(2)</sup>	2	2	
Computer Aided Manufacturing (CAM) <sup>EN/DE</sup>	3	VU <sup>(3)</sup>	3		3
Modellbildung und Simulation in der Produktionstechnik <sup>EN</sup>	2	VU <sup>(2)</sup>	2		2
Modellbildung und Simulation i.d. Materialflusstechnik <sup>EN/DE</sup>	2	VU <sup>(1)</sup>	2		2
Introduction to Materials Science	2	VO	3	3	
Basic Laboratory for Advanced Materials Science	2,67	LU	2	2	
Laboratory Logistics Engineering	3	LU	3	3	
Smart Factory	3	LU	3	3	
CAD <sup>DE</sup>	2	VU <sup>(3)</sup>	3		3
Mechatronic Systems Modeling	2	VO	3		3
Mechatronic Systems Modeling	1	UE	1,5		1,5
Optimal Feedback Design	2	VO	3		3
Optimal Feedback Design	1	UE	1,5		1,5
Embedded Internet	2	VU <sup>(2)</sup>	3	3	
Embedded Internet, Laboratory	2	LU	3	3	
Selected Topics of Production and Logistics	2	VO	3	3	3

Für das Wahlmodul Mobility and Transportation sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 36 ECTS-Anrechnungspunkten aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

Wahlmodul E2: Mobility and Transportation – Electives					
Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Verkehrsplanung <sup>DE</sup>	3,5	VO	5	5	
Transport Modelling	4	VU <sup>(1)</sup>	6		6
Navigation Systems	2	VU <sup>(2)</sup>	3	3	
Schienenfahrzeugtechnik <sup>DE</sup>	2	VO	3	3	
Kolbenmaschinen <sup>DE</sup>	2	VO	3	3	
Automotive Engineering 2	2	VO	3		3
Antriebssysteme mit VKM <sup>DE</sup>	3	VO	4,5		4,5
Modelling and MBS-Simulation in Vehicle Dynamics	3	VU <sup>(3)</sup>	3		3
Integrale Fahrzeugsicherheit <sup>EN/DE</sup>	2	VO	3	3	
Automated Driving	2	VO	3	3	
Embedded Mechatronic Architectures II	2	VO	3		3
Automotive Electronics	2	VO	3	3	
Real-Time Bus Systems	1	VO	1,5	1,5	
Real-Time Bus Systems, Laboratory	1	LU	1,5	1,5	
Embedded Automotive Software	2	VU <sup>(2)</sup>	3	3	
User Interfaces	1,5	VU <sup>(2)</sup>	2		2
Laborübungen Fahrzeugtechnik <sup>EN/DE</sup>	3	LU	3		3
Laborübungen zur passiven Fahrzeugsicherheit <sup>EN/DE</sup>	2	LU	2	2	
Laborübungen zur aktiven Fahrzeugsicherheit <sup>EN/DE</sup>	1	LU	1		1
Sensor Fusion for Automated Driving, Laboratory	2	LU	3	3	
Selected Topics of Mobility and Transportation	2	VO	3	3	3

Für das Wahlmodul Internet of Things sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 35 ECTS-Anrechnungspunkten aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

Wahlmodul F2: Internet of Things – Electives					
Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Embedded Internet	2	VU <sup>(2)</sup>	3	3	
Embedded Internet, Laboratory	2	LU	3	3	
Context-Aware Computing	2	VO	3	3	
Context-Aware Computing	1	UE	1,5	1,5	
Mobile Radio Systems	2	VO	3	3	
Secure Application Design	2	VO	3		3
Secure Application Design	1	KU	2		2
Digitale Automatisierungs- und Messtechnik in der Hochspannungstechnik <sup>DE</sup>	2	VU <sup>(1)</sup>	3	3	
Structural Health Monitoring	2	VO	3	3	
Structural Health Monitoring	2	FU	3	3	
Model Based Optimisation of Water Distribution Systems	2	VU <sup>(1)</sup>	3	3	
Automated Driving	2	VO	3	3	
Modelling of Networks	3	VU <sup>(1)</sup>	4,5	4,5	
Transport Modelling	4	VU <sup>(1)</sup>	6		6
Straßenverkehrstechnik und Telematik <sup>DE</sup>	2	VO	3	3	

**Wahlmodul F2: Internet of Things – Electives**

Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Navigation Systems	2	VU <sup>(2)</sup>	3	3	
Location-based Services	3	VU <sup>(2)</sup>	4,5	4,5	
Smart Factory	3	LU	3	3	
Selected Topics of Internet of Things	2	VO	3	3	3

Für das Wahlmodul Energy and Environmental Systems sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 34,5 ECTS-Anrechnungspunkten aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

**Wahlmodul G2: Energy and Environmental Systems – Electives**

Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Control of Electric Drives and Machines	2	VO	3	3	
Control of Electric Drives and Machines, Laboratory	2	LU	3	3	
Traffic and Air Quality	2	VU <sup>(1)</sup>	2		2
Environmental Technologies	3	VO	4	4	
Energy Systems Analysis	2	VO	3		3
Leistungselektronik <sup>DE</sup>	2	VO	3		3
Power Electronics for Power Engineering	2	VO	3	3	
Power Electronics 2	2	VO	3		3
Elektrische Energiesysteme 1 <sup>DE</sup>	2	VO	3	3	
Modelling of Networks	3	VU <sup>(1)</sup>	4,5	4,5	
Erneuerbare Energien <sup>EN/DE</sup>	2	VO	3		3
Gasanwendungs- und Brennstoffzellentechnik <sup>DE</sup>	2	VO	3		3
CFD Applications for Energy Systems	2	VO	3	3	
Sonnenenergienutzung <sup>DE</sup>	2	VO	3	3	
Windenergiekonversion <sup>DE</sup>	1	VO	1,5		1,5
Wärmepumpentechnik <sup>EN/DE</sup>	2	VO	3	3	
Energy Harvesting Systems	2	VO	3	3	
Environmental Impact of Road Traffic	3	VO	4,5		4,5
Selected Topics of Energy and Environmental Systems	2	VO	3	3	3

Für das Wahlmodul Computational Science and Engineering sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 35 ECTS-Anrechnungspunkten aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

Wahlmodul H2: Computational Science and Engineering – Electives					
Lehrveranstaltung	SSt.	LV Typ	ECTS	Semesterzuordnung	
				WS	SS
Structural Dynamics	2	VU <sup>(1)</sup>	3		3
Boundary Element Methods	2	VU <sup>(1)</sup>	3		3
Plates and Shells	3	VU <sup>(1)</sup>	4		4
Höhere Festigkeitslehre und FE-Methoden <sup>DE</sup>	2	VO	3		3
Höhere Festigkeitslehre und Finite Elemente Methoden <sup>DE</sup>	1	UE	1		1
Numerical Simulation of Strongly Correlated Many-Body Models	2	VU <sup>(1)</sup>	3	3	
Numerical Simulation and Modelling of Incompressible Flow	2	VO	3	3	
Numerical Simulation and Modelling of Incompressible Flow	1	UE	1	1	
Laborübung Strömungslehre und Wärmeübertragung <sup>EN/DE</sup>	3	LU	3		3
Laborübung FE-Methoden <sup>EN/DE</sup>	3	LU	3	3	
Multiphysical Simulation II	2	VO	3		3
Multiphysical Simulation II	1	UE	1,5		1,5
Aeroacoustics	2	VO	3	3	
Aeroacoustics	1	UE	1,5	1,5	
Convex Optimization	3	VU <sup>(2)</sup>	5		5
GPU Programming	3	VU <sup>(2)</sup>	5		5
Computational Biomechanics	4	VU <sup>(1)</sup>	5,5		5,5
Numerics and simulation	3	VO	4		4
Numerics and simulation	1	UE	1,5		1,5
Selected Topics of Computational Science and Engineering	2	VO	3	3	3

EN Die Abhaltungssprache dieser Lehrveranstaltungen ist Englisch, obwohl sie einen deutschen Lehrveranstaltungstitel besitzen.

DE Die Abhaltungssprache dieser Lehrveranstaltungen ist Deutsch.

EN/DE Die Abhaltungssprache dieser Lehrveranstaltungen ist Englisch, sofern sie von Studierenden des Masterstudiums Digital Engineering besucht werden. Ansonsten kann die Abhaltungssprache Deutsch sein.

(1).....1/2 Vorlesungsteil, 1/2 Übungsteil

(2).....2/3 Vorlesungsteil, 1/3 Übungsteil

(3).....1/3 Vorlesungsteil, 2/3 Übungsteil

Es können Lehrveranstaltungen zur Vertiefung einer Fremdsprache (Englisch oder Deutsch) in einem Umfang von bis zu 3 ECTS-Anrechnungspunkten absolviert werden.

Es werden Lehrveranstaltungen mit dem Titel „Selected Topics of [Modulgruppenname] (Untertitel)“ dem Wahlmodulkatalog zugeordnet, wobei eine Semesterwochenstunde in der Regel 1,5 ECTS-Anrechnungspunkten entspricht. Diese Lehrveranstaltungen werden mit charakterisierenden Untertiteln im Ausmaß von 2 SSt. VO angeboten. Dabei sind Lehrveranstaltungen mit verschiedenen Untertiteln als unterschiedliche Lehrveranstaltungen zu werten, wobei maximal eine dieser Lehrveranstaltungen für das jeweilige Wahlmodul angerechnet werden kann.

## § 10 Frei wählbare Lehrveranstaltungen

- (1) Die im Rahmen der frei wählbaren Lehrveranstaltungen im Masterstudium Digital Engineering zu absolvierenden Lehrveranstaltungen dienen der individuellen Schwerpunktsetzung und Weiterentwicklung der Studierenden und können frei aus dem Lehrangebot anerkannter in- und ausländischer Universitäten sowie anerkannter in- und ausländischer postsekundärer Bildungseinrichtungen gewählt werden. Anhang II enthält eine Empfehlung für frei wählbare Lehrveranstaltungen.
- (2) Sofern einer frei zu wählenden Lehrveranstaltung keine ECTS-Anrechnungspunkte zugeordnet sind, wird jede Semesterstunde (SSt.) dieser Lehrveranstaltung mit einem ECTS-Anrechnungspunkt bewertet. Sind solche Lehrveranstaltungen jedoch vom Typ Vorlesung (VO), so werden ihnen 1,5 ECTS-Anrechnungspunkte pro SSt zugeordnet.
- (3) Weiters besteht gemäß § 13 die Möglichkeit, eine berufsorientierte Praxis oder kurze Studienaufenthalte im Ausland im Rahmen der frei wählbaren Lehrveranstaltungen im Ausmaß von bis zu 4 ECTS zu absolvieren.

## § 11 Masterarbeit

- (1) Die Masterarbeit dient dem Nachweis der Befähigung, wissenschaftliche Themen selbständig sowie inhaltlich und methodisch vertretbar zu bearbeiten. Die Aufgabenstellung der Masterarbeit ist so zu wählen, dass für die Studierende oder den Studierenden die Bearbeitung innerhalb von sechs Monaten möglich und zumutbar ist.
- (2) Das Thema der Masterarbeit ist einer der Modulgruppen A-H zuzuordnen. Über Ausnahmen entscheidet das zuständige studienrechtliche Organ.
- (3) Die Masterarbeit ist vor Beginn der Bearbeitung über das zuständige Dekanat unter Einbindung des zuständigen studienrechtlichen Organs anzumelden. Zu erfassen sind dabei das Thema, die Modulgruppe (A-H, siehe Tabelle in §4) der das Thema zugeordnet ist, sowie die/der Betreuer\*in mit Angabe des Instituts.
- (4) Für die Masterarbeit werden 30 ECTS-Anrechnungspunkte festgelegt.
- (5) Die Masterarbeit ist in gedruckter sowie in elektronischer Form zur Beurteilung einzureichen.

## § 12 Anmeldevoraussetzungen für Lehrveranstaltungen/Prüfungen

Die Zulassungsvoraussetzung zur kommissionellen Masterprüfung ist der Nachweis der positiven Beurteilung aller Prüfungsleistungen gemäß §§ 8 bis 10 sowie die positiv beurteilte Masterarbeit.

## § 13 Auslandsaufenthalte und Praxis

- (1) Empfohlene Auslandsaufenthalte

Studierenden wird empfohlen, in ihrem Studium ein Auslandssemester zu absolvieren. Dafür kommen in diesem Masterstudium insbesondere das 3. oder 4. Semester in Frage. Während des Auslandsaufenthalts absolvierte Module bzw. Lehrveranstaltungen werden bei Gleichwertigkeit vom Studienrechtlichen Organ

anerkannt. Zur Anerkennung von Prüfungen bei Auslandsaufenthalten wird auf § 78 Abs. 6 UG verwiesen (Vorausbescheid).

Ferner können auf Antrag an das zuständige studienrechtliche Organ auch die erbrachten Leistungen aus kürzeren Studienaufenthalten im Ausland, wie beispielsweise die aktive Teilnahme an internationalen Sommer- bzw. Winterschulen, im Rahmen der frei wählbaren Lehrveranstaltungen anerkannt werden.

## (2) Praxis

Im Rahmen der frei wählbaren Lehrveranstaltungen besteht die Möglichkeit, eine berufsorientierte Praxis zu absolvieren.

Dabei entsprechen jeder Arbeitswoche im Sinne der Vollbeschäftigung 1,5 ECTS-Anrechnungspunkte. Als Praxis gilt auch die aktive Teilnahme an einer wissenschaftlichen Veranstaltung. Diese Praxis ist von den zuständigen studienrechtlichen Organen zu genehmigen und hat in sinnvoller Ergänzung zum Studium zu stehen.

## IV Prüfungsordnung und Studienabschluss

### § 14 Prüfungsordnung

Lehrveranstaltungen werden einzeln beurteilt.

- (1) Über Lehrveranstaltungen, die in Form von Vorlesungen (VO) abgehalten werden, hat die Prüfung über den gesamten Inhalt der Lehrveranstaltung zu erfolgen. Prüfungen können ausschließlich mündlich, ausschließlich schriftlich oder kombiniert schriftlich und mündlich erfolgen.
- (2) Über Lehrveranstaltungen, die in Form von Vorlesungen mit integrierten Übungen (VU), Übungen (UE), Laborübungen (LU), Konstruktionsübungen (KU), Feldübungen (FU), Projekten (PT), Seminaren (SE), Seminarprojekten (SP) und Exkursionen (EX) abgehalten werden, erfolgt die Beurteilung laufend auf Grund von Beiträgen, die von den Studierenden geleistet werden und/oder durch begleitende Tests. Jedenfalls hat die Beurteilung aus mindestens zwei Beurteilungen von Teilleistungen zu bestehen.
- (3) Besteht ein Modul/eine Modulgruppe aus mehreren Prüfungsleistungen, so ist die Modulnote/Modulgruppennote zu ermitteln, indem
  - a. die Note jeder dem Modul/der Modulgruppe zugehörigen Prüfungsleistung mit den ECTS-Anrechnungspunkten der entsprechenden Lehrveranstaltung multipliziert wird,
  - b. die gemäß lit. a. errechneten Werte addiert werden,
  - c. das Ergebnis der Addition durch die Summe der ECTS-Anrechnungspunkte der Lehrveranstaltungen dividiert wird und
  - d. das Ergebnis der Division erforderlichenfalls auf eine ganzzahlige Note gerundet wird. Dabei ist bei Nachkommawerten, die größer als 0,5 sind aufzurunden, sonst abzurunden.
  - e. eine positive Modulnote/Modulgruppennote kann nur erteilt werden, wenn jede einzelne Prüfungsleistung positiv beurteilt wurde.



- f. Lehrveranstaltungen, deren Beurteilung ausschließlich die erfolgreiche/ nicht erfolgreiche Teilnahme bestätigt, sind in diese Berechnung laut lit. a. bis d. nicht einzubeziehen.
- (4) Regelungen zur Wiederholung von Teilleistungen bei Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter sind im Satzungsteil Studienrecht festgelegt.
- (5) Die kommissionelle Masterprüfung besteht aus
- der Präsentation der Masterarbeit durch die Studierende bzw. durch den Studierenden (maximal 25 Minuten),
  - der Verteidigung der Masterarbeit mit den Mitgliedern des Prüfungssenats (ca. 15 Minuten) und
  - dem Prüfungsgespräch mit den Mitgliedern des Prüfungssenats zu Themen aus der Modulgruppe, der die Masterarbeit fachlich/inhaltlich zuzuordnen ist.
- (6) Die Gesamtzeit der kommissionellen Masterprüfung beträgt im Regelfall 60 Minuten und hat 75 Minuten nicht zu überschreiten.
- (7) Dem Prüfungssenat der Masterprüfung gehören der\*die Betreuer\*in der Masterarbeit und zwei weitere Mitglieder an, die nach Anhörung des\*der Kandidaten\*in vom zuständigen studienrechtlichen Organ nominiert werden. Den Vorsitz führt ein Mitglied des Prüfungssenates, welches nicht Betreuer\*in der Masterarbeit ist.
- (8) Die Note dieser kommissionellen Prüfung wird gemäß § 24 (6) des Satzungsteils Studienrecht vom Prüfungssenat auf Basis der während der Masterprüfung erbrachten Leistung festgelegt.

## § 15 Studienabschluss

- (1) Mit der positiven Beurteilung der Lehrveranstaltungen aller Pflicht- und Wahlmodule, der frei wählbaren Lehrveranstaltungen, der Masterarbeit und der kommissionellen Masterprüfung wird das Masterstudium abgeschlossen.
- (2) Über den erfolgreichen Abschluss des Studiums ist ein Abschlusszeugnis auszustellen. Das Abschlusszeugnis über das Masterstudium Digital Engineering enthält
- a. eine Auflistung der absolvierten Modulgruppen (d.h. die Modulgruppe A, B und die Modulgruppe der gewählten Vertiefungsrichtung) gemäß § 4 (inklusive ECTS-Anrechnungspunkte) und deren Beurteilungen,
  - b. Titel und Beurteilung der Masterarbeit,
  - c. die Beurteilung der abschließenden kommissionellen Prüfung,
  - d. den Gesamtumfang in ECTS-Anrechnungspunkten der frei wählbaren Lehrveranstaltungen gemäß § 10 sowie
  - e. die Gesamtbeurteilung gemäß § 11 des Satzungsteils Studienrecht.

## V Inkrafttreten und Übergangsbestimmungen

### § 16 Inkrafttreten

Dieses Curriculum 2022 (TUGRAZonline Abkürzung 2022W) tritt mit dem 1. Oktober 2022 in Kraft.

## Anhang zum Curriculum des Masterstudiums Digital Engineering

### Anhang I

#### Modulbeschreibungen und Art der Leistungsüberprüfung

Wenn in der Modulbeschreibung nicht anders angegeben, erfolgt die Leistungsüberprüfung in einem Modul jeweils durch Absolvierung aller im Modul vorgesehenen Lehrveranstaltungsprüfungen und prüfungsimmanenten Lehrveranstaltungen.

<b>Pflichtmodul A</b>	<b>Expansion of mathematical competence</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	11,5
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Pflichtmoduls steht die mathematische Kompetenzerweiterung im Bereich der numerischen Optimierung sowie eine Grundlagenausbildung in Wahrscheinlichkeitsrechnung, Statistik und stochastischen Prozessen. Es werden Inhalte wie die Grundlagen der numerischen Optimierung, lineare, nicht-lineare Optimierung, konvexe Optimierung, Optimalitätsbedingungen, Methode der kleinsten Fehlerquadrate, Gradientenmethode, Gauss-Newton und Optimierung über konvexe Mengen gelehrt. Zusätzlich werden die Grundbegriffe aus der Wahrscheinlichkeitstheorie wie Wahrscheinlichkeitsräume, Laplace-Experimente, wichtige elementare Verteilungen, Zufallsvariablen, Erwartungswert, bedingte Wahrscheinlichkeiten, Unabhängigkeit, Konvergenzbegriffe, Gesetz der großen Zahlen und der zentraler Grenzwertsatz gelehrt. Darauf aufbauend werden die Grundlagen stochastischer Prozesse vorgestellt.
<b>Lernziele</b>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage einfache statistische Problemstellungen zu bearbeiten. Sie können Daten grafisch darstellen und numerisch beschreiben. Sie können bestimmte Schätzer ermitteln und Hypothesen selbständig formulieren und testen. Sie können ihr Wissen auf praktische Probleme anwenden. Sie verstehen es, die entsprechenden Ergebnisse richtig zu interpretieren und kritisch zu hinterfragen. Außerdem sind sie nach Absolvierung des Moduls in der Lage, die wichtigsten Begriffe und Methoden der numerischen Optimierung zu verstehen und zu verwenden so wie "große" Optimierungsprobleme zu lösen. Es ist auch ein Ziel dieses Moduls Optimierungsalgorithmen selbständig zu implementieren und die Fähigkeit zu vermitteln die gelernten Methoden auf praktische Probleme anzuwenden.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesung, Übungen in Gruppen, Eigenständiges Implementieren von Optimierungsalgorithmen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	-
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Wintersemester

**Modulgruppe B: Modeling, Simulation and Control of Cyberphysical Systems**

<b>Pflichtmodul B1</b>	<b>Modeling and Simulation</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	9
<b>Inhalte</b>	<p>Im Fokus dieses Pflichtmoduls steht die Vertiefung der Fähigkeit komplexe dynamische Systeme mit verschiedenen Ansätzen mathematisch zu modellieren. Dabei werden sogenannte datengetriebene und physikalisch motivierte Methoden Inhalt der Ausbildung sein. Die Studierenden werden u.a. in die Lage versetzt (z.B. anhand mechanischer Systeme) interdisziplinär anwendbare Methoden der physikalisch motivierten Modellbildung anzuwenden und auch zu implementieren.</p> <p>Es werden Begriffe und Methoden aus den Bereichen des Maschinellen Lernens und der Mustererkennung besprochen. Insbesondere wird dabei auf die theoretischen Grundlagen des maschinellen Lernens, der linearen Datentransformationen, der Neuronale Netze, Support Vector Maschinen sowie Hidden Markov Modelle für sequentielle Daten und unüberwachte Lernmethoden eingegangen. Weiterer Inhalt dieses Moduls ist die Erweiterung von Grundlagenwissen zur physikalisch motivierten Modellbildung indem Grundlagen der Optik ausgewählte Elemente der Quantenmechanik, Wärmestrahlung und ausgewählte Themen der Festkörperphysik behandelt werden.</p>
<b>Lernziele</b>	<p>Nach Abschluss des Moduls verstehen die Studierenden die Grundlagen und wichtigsten Begriffe des Maschinellen Lernens. Die Studierenden verstehen die wichtigsten Lernalgorithmen (Neuronale Netze, Support Vector Maschinen, k-nearest neighbor, Regression, Bayes- und Maximum Likelihood Schätzung, Lineare Transformationen,...), kennen die jeweiligen Vor- und Nachteile, und können in praktischen Anwendungen die geeigneten Methoden auswählen und anwenden. Weiters verstehen die Studierenden die wichtigsten Konzepte der statistischen Datenanalyse (z.B. Regularisierung, Daten-Splitting) und können mit probabilistischen und sequentiellen Modellen umgehen. Sie sind in der Lage ihr Wissen, z.B. aus dem Bereich der Optik, der Wärmestrahlung und der Quantenmechanik in die mathematische Modellierung konkreter Problemstellungen einfließen zu lassen. Anhand mechanischer Systeme wird die Fähigkeit zur Modellierung, die das Aufstellen von Bewegungsgleichungen für Mehrkörpersysteme nach verschiedenen Methoden (z.B. Newton-Eulersche Bewegungsgleichungen, Lagrangesche Bewegungsgleichungen 1. und 2. Art) beinhaltet, vertieft.</p>
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesung, Vorlesungen mit integrierten Übungen, Übungen in Gruppen, Eigenständiges Durchführen bzw. Aufsetzen numerischer Simulationsbeispiele
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	-
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

<b>Pflichtmodul B2</b>	<b>Signal and Systems</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	9
<b>Inhalte</b>	<p>Im Fokus dieses Pflichtmoduls steht einerseits die Vertiefung der Fähigkeit ein, durch die Vernetzung von Teilsystemen entstandenes komplexes Gesamtsystem im Hinblick des digitalen Datenaustausches und der verwendeten eingebetteten Systeme zu verstehen und andererseits das Gesamtsystemverhalten wunschgemäß zu beeinflussen. Es werden die Grundlagen eingebetteter Systeme, Zielarchitekturen und Hardware-Plattformen, Software und Echtzeitanforderungen, verteilte eingebettete Systeme und Internetfähige eingebettete Systeme besprochen.</p> <p>Anhand von Beispielanwendungen und Fallstudien wird das vermittelte Wissen vertieft. Als Algorithmen, die auf den eingebetteten Systemen implementiert werden können, werden Regelungsalgorithmen, die basierend auf einem nichtlinearen mathematischen Modell systematisch abgeleitet werden können, besprochen. Es werden z.B. die Methode der Exakten Linearisierung für Ein- und Mehrgrößensysteme gelehrt. Für den Entwurf robuster Regelkreise wird das sogenannte "adaptive Backstepping" und die "Sliding-Mode-Regelung" besprochen. Themen wie die Grundlagen digitaler Übertragungssysteme, Modulator und Demodulator, Möglichkeiten der Signal- und Übertragungskanalardarstellung bilden den Inhalt hinsichtlich der digitalen Kommunikation der vernetzten Teilsysteme untereinander.</p>
<b>Lernziele</b>	Nach dem Abschluss des Moduls haben die Studierenden eine vertiefte Einsicht in die Problematik von eingebetteten Systemen gewonnen. Sie können Aufgabenstellungen aus diesem Bereich analysieren und sind in der Lage, die erworbenen Methoden zur Synthese einfacher Probleme anzuwenden. Sie sind in der Lage robuste Regelungsalgorithmen für nichtlineare Systeme zu entwerfen und sie kennen die Grundlagen der digitalen Kommunikation indem sie über mehrere Methoden, um Signale zu klassifizieren und zu beschreiben, verfügen.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesung mit medialer Unterstützung, Laborübungen, Übungen in Gruppen, Rechenübungen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Besuch der Lehrveranstaltungen der Modulgruppe A
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

### Modulgruppe C: Robotics

<b>Pflichtmodul C1</b>	<b>Robotics – Fundamentals</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	13
<b>Inhalte</b>	<p>Im Fokus dieses Pflichtmoduls steht die Vertiefung der Grundlagen mobiler Roboter. Neben ausgewählten Architekturen Autonomer Intelligenter Systeme und Roboter werden Methoden zur Selbstlokalisierung, der Weltmodellierung und von Multi-Agenten-Systemen diskutiert. Zusätzlich werden die Entscheidungsfindung mithilfe Künstlicher Intelligenz als auch die benötigten bzw. gängigsten Softwarearchitekturen mobiler Roboter besprochen. Ein essentieller Bestandteil dieses</p>

	Moduls ist der Entwurf eines mobilen Roboters, wobei sowohl die Hardware als auch die Software zur Bewältigung einer konkreten an den Roboter gestellten Aufgabe ausgewählt bzw. realisiert werden müssen.
<b>Lernziele</b>	Nach der Absolvierung dieses Moduls haben die Studierenden Kenntnis über einschlägige Methoden zur Weltmodellierung, Steuerung und Entscheidungsfindung von mobilen Robotern. Sie sind in der Lage für eine gestellte Aufgabe einen entsprechenden mobilen Roboter zu entwerfen und umzusetzen.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Praktische Arbeiten im Labor, Arbeiten in Kleingruppen, Implementierung von Algorithmen, Vorträge
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	-
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

<b>Wahlmodul C2</b>	<b>Robotics – Electives</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	35
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Wahlmoduls steht die weiterführende Ausbildung im Bereich der Robotik. Methoden zur, an die Umgebung des Roboters angepassten, Verhaltenssteuerung spielen eine zentrale Rolle dieser Ausbildung. Dazu werden verschiedenste Varianten zur Schätzung des Roboterzustandes als auch zur Erkennung und Wahrnehmung der Umgebung diskutiert. Methoden des Maschinellen Lernens als auch Algorithmen zur Bahnplanung bei exakt bekannter Roboter-Kinematik werden u.a. als mögliche Algorithmen zur Verhaltenssteuerung besprochen. Einige der in diesem Modul wählbaren Lehrveranstaltungen adressieren Möglichkeiten der Sensorik zur Wahrnehmung der Umgebung und etablierte Varianten zur Ansteuerung häufig verwendeter elektrischer Antriebe.
<b>Lernziele</b>	Nach erfolgreicher Absolvierung des Moduls kennen die Studierenden Möglichkeiten zur Wahrnehmung der Umgebung eines Roboters. Sie sind in der Lage auf Basis der wahrgenommenen Umgebung automatisiert Entscheidungen zur Ansteuerung des Roboters zu generieren. Zusätzlich wissen sie, wie die Ansteuerung der Aktuatoren eines Roboters funktioniert.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesungen, Vorlesungen mit immanenten Prüfungscharakter, Laborübungen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	-
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

**Modulgruppe D: Production and Logistics**

<b>Pflichtmodul D1</b>	<b>Production and Logistics – Fundamentals</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	12,5
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Pflichtmoduls sind digitalisierte Produktionstechniken und logistische Abläufe. Dazu werden automatisierte Fertigungsmaschinen und Transportmittel behandelt. Schwerpunkte der Ausbildung sind unter anderem virtuelle Fabrikplanung, vernetzte und individualisierte Produktion und optimierte Materialflüsse und Gütertransporte (z.B. Routenplanung). Zusätzlich werden Methoden zur Modellierung von Bewegungsabläufen von Industrierobotern behandelt und Methoden zum Regler- und Beobachterentwurf (auch für Systeme mit beschränkten Eingangsgrößen) diskutiert. Ausgewählte Verfahren werden in Laborübungen praktisch erprobt.
<b>Lernziele</b>	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden mit Linear-Programming-Modellen vertraut, kennen deren Eigenschaften und Grenzen und wissen, wie sie die entwickelten Modelle lösen können. Zusätzlich haben sie Erfahrungen im Umgang mit Mischungs-, Terminierungs-, Transport- und Netzwerkproblemen gesammelt. Sie kennen Simulationstechniken (z.B. Monte-Carlo-Simulation) und verstehen relevante Zusammenhänge zwischen Simulation und realem System. Außerdem wurde das Verständnis für das Lösen praktisch relevanter regelungstechnischer Aufgabenstellungen vertieft und das Wissen von Modellierungsmethoden anhand von Industrierobotern deutlich erweitert.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Vorlesung mit integrierten Übungen, Frontalvorlesung mit medialer Unterstützung, Laborübungen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	-
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

<b>Wahlmodul D2</b>	<b>Production and Logistics – Electives</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	35,5
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Wahlmoduls steht die weiterführende Ausbildung im Bereich der Modellierung, Simulation, Optimierung und Auslegung von modernen Produktions- und Logistiksystemen. Neben einer Wiederholung der Logistikgrundbegriffe werden Themen wie die Gestaltung bzw. Planung von Logistik-Verteilerzentren, Lager- und Kommissioniersysteme fahrerlose Transportsysteme besprochen. Zusätzlich können Lehrveranstaltungen gewählt werden, die Themen wie die Modellierung elektrischer, mechanischer oder hydraulischer Systeme oder die Grundkenntnisse zur Einbindung des Internets zum zuverlässigen Betrieb vernetzter Systeme zum Inhalt haben.
<b>Lernziele</b>	Nach der Absolvierung des Moduls haben die Studierenden ein Grundverständnis zur Modellierung, Simulation und Optimierung von vernetzten Produktions- und Logistiksystemen. Sie sind in der Lage Antriebs- und Steuerungskomponenten (mechanisch, elektrisch oder

	hydraulisch) zu modellieren und auszulegen und sie kennen Möglichkeiten der computerunterstützten Fertigung.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Vorlesungen mit audiovisueller Unterstützung, Übungen und Laborübungen, Frontalvorlesungen mit medialer Unterstützung, Vorlesungen mit integrierten Übungen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Hilfreich sind Vorkenntnisse in Fertigungstechnik und Mechanische Technologie
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

## Modulgruppe E: Mobility and Transportation

<b>Pflichtmodul E1</b>	<b>Mobility and Transportation – Fundamentals</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	12
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Pflichtmoduls sind die Grundlagen der Kraftfahrzeugtechnik und Mobilitätssysteme, die für Transport von Gütern und Personen notwendig sind. Behandelt werden die Systemfunktionen von Fahrzeugen und die Einbettung von Komponenten und Teilsystemen (wie zum Beispiel der Antriebsstrang, die Lenkung oder das Fahrwerk mit Bremssystem und deren Interaktion). Es wird das dynamische Verhalten von Gesamtfahrzeugen modelliert und simuliert. Die Elektromobilität (samt Anwendungen, Fahrzeugarchitekturen und Ladetechnologien) wird genauso Inhalt sein wie die für die Fahrzeugmodellierung notwendigen Grundlagen um Fahrverhalten, Fahrstabilität und das Zusammenwirken von Mechanik, Sensorik, Aktuatorik, Software und Fahrer beurteilen zu können. Die Entwicklung von modernen Transportsystemen mithilfe etablierter mechatronischer Entwicklungsprozesse und die für dieses Gebiet relevanten Entwicklungsstandards sind auch Themen dieses Moduls.
<b>Lernziele</b>	Nach Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die Hauptstrukturen bzw. Komponenten von Kraftfahrzeugen und sind in der Lage erste Grobauslegungen z.B. von Feder-Dämpfersystemen durchzuführen. Sie verfügen über ein Basiswissen der Arbeits- und Funktionsweise mechatronischer automotiver Komponenten und Systeme und verschiedener Antriebstechnologien. Sie sind in der Lage das dynamische Verhalten von Fahrzeugen zu modellieren und zu beurteilen. Zusätzlich verstehen die Studierenden nach Abschluss des Moduls die Entwicklungsprozesse mechatronischer Systeme und die entsprechenden Entwicklungsstandards, sowie Richtlinien und Methoden zur Qualitätssicherung.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesung mit medialer Unterstützung, Vorlesung mit audio-visuellen Hilfsmitteln und PC-Simulationen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	-
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

<b>Wahlmodul E2</b>	<b>Mobility and Transportation – Electives</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	36
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Wahlmoduls steht die weiterführende Ausbildung im Bereich des Transports und der Mobilität. Diese beinhaltet zum Beispiel die Grundlagen der Verkehrsplanung, die Simulation von Verkehrsnetzen, Methoden zur Navigation und die integrale Sicherheit von Fahrzeugen in Verkehrssystemen. Es werden die Kenntnisse automotiver Systeme für Antriebe und Fahrzeugphysik vertieft. Im Fokus stehen dabei mechatronische und automatisierte Fahrfunktionen, Software und Datenkommunikation, Sensorik und Datenfusion, sowie Mensch-Maschine Schnittstellen. Die theoretischen Kenntnisse werden in praktischen Laborübungen gefestigt und angewendet.
<b>Lernziele</b>	Nach der Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, digitale Technologien zur Entwicklung nachhaltige Fahrzeug- und Mobilitätssysteme einzusetzen. Sie können Verkehrsplanungs- und Verkehrssimulationssoftware zur Lösung von Fragestellungen aus dem öffentlichen und aus dem individuellen Verkehr nutzen. Sie können Sicherheit und Unfallrisiken von Verkehrsmitteln beurteilen. Die Studierenden sind in der Lage, komplexe mechanisch-digitale Fahrzeugsysteme zu verstehen, zu modellieren und zu optimieren. Sie verfügen über Wissen integrierter Entwicklungsprozesse von Software, Hardware, Mechanik und Infrastruktur. Die Kenntnisse können mit Hilfe von Designmethoden, Simulation und experimentellen Untersuchungen praktisch angewendet und in realer Hardware umgesetzt werden.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Vorlesungen mit audiovisueller Unterstützung, Laborübungen, Frontalvorlesungen mit medialer Unterstützung, Vorlesungen mit integrierten Übungen, Interaktion Lehrende und Lernende
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Kenntnisse aus den Bereichen Fahrzeugmesstechnik, "Passive Safety – Injury Mitigation", "Active Safety – Accident Mitigation" und "Trauma Biomechanik"
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

## Modulgruppe F: Internet of Things

<b>Pflichtmodul F1</b>	<b>Internet of Things – Fundamentals</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	13
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Pflichtmoduls stehen in physische Umgebungen eingebettete und untereinander und mit dem Internet vernetzte eingebettete Rechnersysteme, welche die physische Umgebung mittels Sensoren beobachten und mit Aktuatoren beeinflussen. Ein Schwerpunkt wird dabei auf Systeme gelegt, bei denen die Anforderungen bezüglich Verlässlichkeit und Sicherheit besonders relevant sind. Einerseits sind Sensornetze, die aus Hunderten von Sensorknoten („Minicomputer“ die mit Sensoren und Funkmodulen ausgestattet sind), die per Batterie gespeist über längere Zeiträume Sensordaten erfassen, verarbeiten und zu anderen Knoten bzw. zu einer Basisstation



	übertragen, Inhalt dieses Moduls. Hierzu werden Themen wie die energieeffiziente drahtlose Vernetzung, Zeitsynchronisation, Positionsbestimmung und verteilte Sensordatenverarbeitung diskutiert. Andererseits wird, um eine Basis bezüglich Verlässlichkeit und Sicherheit zu schaffen, eine Einführung in die zentralen Themen der Informationssicherheit gegeben. Ein Fokus dabei wird auf Kryptographie und Computersicherheit gelegt, d.h. es werden Themen wie kryptographische Algorithmen, digitale Signaturen, sichere Kommunikationsprotokolle, Bedrohungsszenarien für IT Systeme, Isolationstechniken, Runtime Security, Seitenkanalangriffe und Schutzmechanismen behandelt.
<b>Lernziele</b>	Die Studierenden verstehen nach Absolvierung des Moduls die Grundkonzepte der Kryptographie und der Computersicherheit. Sie kennen die zentralen Herausforderungen und entsprechende Lösungsansätze. Sie verstehen außerdem die grundlegenden Konzepte, sowie die Möglichkeiten und Grenzen Drahtloser Sensornetze und sind in der Lage, weiterführende wissenschaftliche Literatur zum Thema Drahtlose Sensornetze zu verstehen und zu bewerten. Sie haben die Fähigkeit zur selbständigen Entwicklung und Bewertung von Sensornetzanwendungen erworben.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesung, Vorlesung mit integriertem Übungscharakter; im Übungsteil erarbeiten die Studierenden Teilthemen und Zusammenfassungen der Konzepte selbständig und präsentieren diese in kurzen Vorträgen, Labor
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Besuch der Lehrveranstaltungen Embedded Systems und Embedded Systems, Laboratory aus Pflichtmodul B2
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

<b>Wahlmodul F2</b>	<b>Internet of Things – Electives</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	35
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Wahlmoduls steht die Vertiefung des Wissens im Bereich vernetzter und am Internet angebundener eingebetteter Systeme sowie deren Zuverlässigkeit und Sicherheit. Anhand konkreter Anwendungen, wie zum Beispiel die automatisierte Bestimmung und Überwachung des Zustandes von Brücken, Eisenbahnanlagen, Wasserleitungssystemen, intelligenten Fabriken, Energiesystemen und Verkehrsleitsystemen wird das erworbene Grundlagenwissen um anwendungsspezifische Aspekte erweitert.
<b>Lernziele</b>	Die Studierenden kennen die Herausforderungen des „Internet der Dinge“, vor allem auch in Kombination mit sicherheitskritischen Anforderungen. Sie kennen auch die wichtigsten Standards für die Kommunikation zwischen den einzelnen Geräten und die Grundkonzepte und Technologien für die technische Realisierung vernetzter und sicherheitskritischer Anwendungen.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesung, Frontalvorlesung mit medialer Unterstützung, Vorlesung mit integrierten Übungen, Laborübung

<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Besuch der Lehrveranstaltungen Embedded Systems und Embedded Systems, Laboratory aus Pflichtmodul B2
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

## Modulgruppe G: Energy and Environmental Systems

<b>Pflichtmodul G1</b>	<b>Energy and Environmental Systems – Fundamentals</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	13,5
<b>Inhalte</b>	In diesem Pflichtmodul werden die Grundlagen der Energienutzung auf Basis erneuerbarer Energiequellen und der Biomasseverbrennung diskutiert. Zusätzlich wird auch auf die Modellierung der Biomasseverbrennung zur Erzeugung thermischer Energie eingegangen. Es werden Methoden zur Emissions-, Immission und Partikelmessung, zur Speicherung von Energie und zur „optimalen“ Nutzung von Energiequellen besprochen. Bei der Speicherung von Energie wird speziell auf die Anwendungen von mobilen Energiespeicher eingegangen. In Laborübungen werden die Vermessung diverser Energiespeicher, die Modellierung mithilfe von Ersatzschaltbildern und die Simulation Inhalt sein.
<b>Lernziele</b>	Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls können die Studierenden die Art und Herkunft luftverunreinigender Stoffe benennen, Sensorkonzepte für Emission und Immission verstehen und bewerten. Sie kennen die Grundkonzepte zur Produktion von z.B. Wärme und Biotreibstoffen aus Biomasse und sind in der Lage je nach Biomasseverfügbarkeit mögliche Produktionsvarianten vorzuschlagen. Sie kennen und verstehen die Funktionsprinzipien von ausgewählten Energiespeichern und sind in der Lage ihre relevanten Parameter im Labor experimentell zu bestimmen und darauf aufbauende Simulationen durchzuführen.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesung mit medialer Unterstützung, Laborübungen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Grundkenntnisse der Chemie wie sie nach einer Reifeprüfung vorhanden sind
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

<b>Wahlmodul G2</b>	<b>Energy and Environmental Systems – Electives</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	34,5
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Wahlmoduls stehen Themen zur nachhaltigen Energieerzeugung, Wandlung, Speicherung und Verteilung. Auch die Abschätzung, Modellierung und Messung der zum Teil damit verbundenen Auswirkungen auf Natur und Umwelt sind Inhalt dieses Moduls. Als Energiequellen werden dabei hauptsächlich erneuerbare Energiequellen betrachtet. Es werden Möglichkeiten zur Energieumwandlung in elektrische Energie diskutiert. Dazu werden sowohl mechanische Aspekte (wie z.B. Bauformen von Windrädern und Windturbinen, Ausführungsformen von Sonnenkollektoren und deren hydraulische Verschaltung) als auch elektrotechnische Aspekte (wie z.B. die zur Energieumwandlung notwendige

	Leistungselektronik) besprochen. Es werden Auswirkungen der Energieerzeugung und Energiewandlung auf die Umwelt besprochen indem z.B. Abluftanlagen diskutiert und berechnet werden oder das Emissionsverhalten von Fahrzeugen thematisiert wird. Auch Auswirkungen, Modellierung und Simulation des Schadstoffausstoßes vor allem des Transportsektors sind Inhalte dieses Moduls.
<b>Lernziele</b>	Die Studierenden kennen verschiedene Methoden der Energiewandlung und Speicherung und verstehen die gesamte Wirkungskette von der Erzeugung bis zur Speicherung. Sie sind sich der Auswirkungen des Energiesektors auf die Umwelt bewusst und kennen Verfahren zu ihrer Modellierung, Simulation aber auch zur Reduktion. Die Studierenden haben ein vertieftes Wissen aus Bereichen der erneuerbaren Energien.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Frontalvorlesungen mit medialer Unterstützung, Vorlesung mit integrierten Übungen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Grundkenntnisse der Chemie wie sie nach einer Reifeprüfung vorhanden sind
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

## Modulgruppe H: Computational Science and Engineering

<b>Pflichtmodul H1</b>	<b>Computational Science and Engineering – Fundamentals</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	13
<b>Inhalte</b>	Im Fokus dieses Pflichtmoduls stehen die Modellierung und die Simulation multiphysikalischer Problemstellungen. Generell sind die Größen, welche die physikalischen Effekte in gekoppelten Feldproblemen beschreiben, eine Funktion von Ort und Zeit und die Beschreibung führt zu einem System von partiellen Differentialgleichungen (z.B. Elektromagnetik-Mechanik-Akustik). In diesem Modul werden numerische Verfahren, wie zum Beispiel die Finite-Elemente Methode, detailliert erklärt. Es werden Eigenschaften aber auch Grenzen der verschiedenen numerischen Verfahren diskutiert und für konkrete Beispiele (z.B. elektrisches Strömungsfeld-Wärmeleitung-Mechanik oder Mechanik-Akustik-Kopplungen) angewendet. Die Studierenden werden selbständig Simulationen von praxisrelevanten gekoppelten Feldprobleme durchführen.
<b>Lernziele</b>	Nach der Absolvierung des Moduls verstehen die Studierenden wesentliche Aspekte der Modellierung multiphysikalischer Systeme sowie die mathematischen Grundlagen unterschiedlicher numerischer Verfahren zur Simulation dieser Systeme. Sie sind in der Lage, Modelle selbst zu erstellen, Simulationen aufzusetzen und durchzuführen.
<b>Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden</b>	Rechenübungen, Frontalvorlesung mit medialer Unterstützung, Vorlesung mit integrierten Übungen
<b>Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	-
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	jedes Studienjahr

Wahlmodul H2	Computational Science and Engineering – Electives
ECTS-Anrechnungspunkte	35
Inhalte	Im Fokus dieses Wahlmoduls steht die Vertiefung des Wissens im Bereich der Modellierung und Simulation multiphysikalischer Problemstellungen. Dabei werden zusätzliche Lösungsalgorithmen besprochen und anhand praktisch motivierter Beispiele demonstriert. Es werden, so weit möglich, analytische Lösungen hergeleitet und mit den selbständig ermittelten numerischen Lösungen verglichen. Detailliertere Diskussionen der besprochenen Verfahren werden zum Beispiel durch Anwendungen aus den Bereichen der Strömungsakustik, der Elektromagnetik-Mechanik, der Elektromagnetik-Thermik, der Flächentragwerke oder aus Anwendungen zur Modellierung und Simulation biologischer Materialien motiviert sein.
Lernziele	Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage die physikalischen Grundlagen mechanischer, elektromagnetischer, strömungsmechanischer, thermischer und akustischer Feldern sowie deren Kopplungen zu erklären, die Methode der Finiten Elemente mathematisch zu formulieren und in einem Programm zu implementieren, alle notwendigen Schritte für eine erfolgreiche Finite Elemente-Analyse von der Modellbildung über das Pre-Processing, der eigentlichen Finite Elemente-Simulation bis hin zum Post-Processing selbständig durchzuführen, die Simulationsergebnisse physikalisch richtig zu interpretieren, um bei der Verbesserung bestehender und der Entwicklung neuer Systeme die richtigen Schritte zu setzen und forschungsrelevante Themen identifizieren und erarbeiten.
Lehr- und Lernaktivitäten, -methoden	Vorlesung mit integrierten Übungen, Frontalvorlesung mit medialer Unterstützung, Laborübungen
Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundlagen der Akustik
Häufigkeit des Angebots des Moduls	jedes Studienjahr

## Anhang II

### Empfohlene frei wählbare Lehrveranstaltungen

Frei zu wählende Lehrveranstaltungen können laut § 10 dieses Curriculums frei aus dem Lehrangebot anerkannter in- und ausländischer Universitäten sowie anerkannter in- und ausländischer postsekundärer Bildungseinrichtungen gewählt werden.

Im Sinne einer Verbreiterung der Wissensbasis im Bereich der Module dieses Studiums werden Lehrveranstaltungen aus den Gebieten Fremdsprachen, soziale Kompetenz, Technikfolgenabschätzung sowie Frauen- und Geschlechterforschung empfohlen. Insbesondere wird auf das Angebot der Serviceeinrichtung Sprachen, Schlüsselkompetenzen und Interne Weiterbildung der TU Graz bzw. Treffpunkt Sprachen der Universität Graz, des Zentrums für Soziale Kompetenz der Universität Graz sowie der Science, Technology and Society Unit hingewiesen.

## Anhang III

### Lehrveranstaltungstypen

An der TU Graz werden gemäß § 4 (1) des Satzungsteils Studienrecht folgende Lehrveranstaltungstypen angeboten. Die in Ziffer 2) bis Ziffer 12) genannten Lehrveranstaltungen sind Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter.

- (1) VO ... Vorlesung: In Vorlesungen wird in didaktisch gut aufbereiteter Weise in Teilbereiche des Fachs und seine Methoden eingeführt. Es werden die Inhalte und Methoden eines Fachs vorgetragen.
- (2) UE ... Übung: In Übungen werden die Fähigkeiten der Studierenden zu Anwendungen des Fachs auf konkrete Problemstellungen entwickelt.
- (3) KU ... Konstruktionsübung: In Konstruktionsübungen werden zur Vertiefung und/oder Erweiterung des in den zugehörigen Vorlesungen vermittelten Stoffs in konstruktiver Arbeit Fähigkeiten und Fertigkeiten im Rahmen der wissenschaftlichen Berufsvorbildung vermittelt. Es sind spezielle Geräte bzw. eine besondere räumliche Ausstattung notwendig.
- (4) LU ... Laborübung: In Laborübungen werden zur Vertiefung und/oder Erweiterung des in den zugehörigen Vorlesungen vermittelten Stoffs in praktischer, experimenteller und/oder konstruktiver Arbeit Fähigkeiten und Fertigkeiten im Rahmen der wissenschaftlichen Berufsvorbildung mit besonders intensiver Betreuung vermittelt. Laborübungen enthalten als wesentlichen Bestandteil die Anfertigung von Protokollen über die durchgeführten Arbeiten.
- (5) PT ... Projekt: In Projekten werden experimentelle, theoretische und/oder konstruktive, angewandte Arbeiten bzw. kleine Forschungsarbeiten unter Berücksichtigung aller erforderlichen Arbeitsschritte durchgeführt. Projekte werden mit einer schriftlichen Arbeit abgeschlossen, die einen Teil der Beurteilung bildet. Projekte können als Teamarbeit oder als Einzelarbeiten durchgeführt werden, bei einer Teamarbeit muss die individuelle Leistung beurteilbar bleiben.
- (6) VU ... Vorlesung mit integrierter Übung: Vorlesungen mit integrierten Übungen (VU) bieten neben der Einführung in Teilbereiche des Fachs und seine Methoden auch Anleitungen zum eigenständigen Wissenserwerb oder zur eigenständigen Anwendung in Beispielen.
- (7) SE ... Seminar: Seminare dienen zur Vorstellung von wissenschaftlichen Methoden, zur Erarbeitung und kritischen Bewertung eigener Arbeitsergebnisse, spezieller Kapitel der wissenschaftlichen Literatur und zur Übung des Fachgesprächs. Es werden schriftliche Arbeiten verfasst, präsentiert und diskutiert.
- (8) SP ... Seminarprojekt: In Seminarprojekten werden wissenschaftliche Methoden zur Bearbeitung von experimentellen, theoretischen und/oder konstruktiven angewandten Problemen herangezogen bzw. kleine Forschungsarbeiten unter Berücksichtigung aller erforderlichen Arbeitsschritte durchgeführt. Seminarprojekte werden mit einer schriftlichen Arbeit und einer mündlichen Präsentation abgeschlossen, die einen Teil der Beurteilung bildet. Seminarprojekte können als Teamarbeit oder als Einzelarbeiten durchgeführt

---

werden, wobei bei einer Teamarbeit die individuelle Leistung beurteilbar bleiben muss.

- (9) EX ... Exkursion: Exkursionen dienen durch den Praxisbezug außerhalb des Studienstandortes zur Veranschaulichung von in anderen Lehrveranstaltungstypen erarbeiteten Inhalten.
- (10) OL ... Orientierungslehrveranstaltung: Orientierungslehrveranstaltungen dienen als Informationsmöglichkeit und sollen einen Überblick über das Studium vermitteln.
- (11) PV ... Privatissimum: Das Privatissimum ist ein Forschungsseminar im Rahmen des Doktoratsstudiums.
- (12) FU ... Feldübung: Feldübungen werden außerhalb der Räumlichkeiten der TU Graz im Gelände (z. B. Straßenbereich, Baustellen, alpines Gelände, Wald, Tunnel) und zum Teil auch bei unwirtlichen Witterungsbedingungen abgehalten. Die Studierenden führen die Übungsaufgaben nach entsprechender Vorbereitung im Wesentlichen selbständig durch.