

Modulhandbuch Robotik



Fakultät Elektro- und Informationstechnik

Stand: 15.02.2021

Inhalt

1	Einführung und Übersicht.....	3
1.1	Studienziel und Kompetenzprofil	3
1.2	Studienabschluss	3
1.3	Aufbau des Robotik-Studiums	4
1.4	Inhalte des Robotik Studiums	4
1.5	Studienfachberater	5
1.6	Praktikumsbeauftragter	5
1.7	Studiengangleiter	5
2	Curriculare Struktur	6
2.1	Erster Studienabschnitt	7
2.2	Zweiter Studienabschnitt.....	8
3	Modulbeschreibungen	10
	Einführungsprojekt	10
	Ingenieurmathematik 1	12
	Ingenieurmathematik 2	14
	Grundlagen der Programmierung 1.....	16
	Grundlagen der Programmierung 2.....	18
	Technische Mechanik 1.....	19
	Technische Mechanik 2.....	21
	Elektrotechnik.....	23
	Sensorik.....	25
	Technische Informatik	27
	Digitale Signalverarbeitung.....	29

1 Einführung und Übersicht

1.1 Studienziel und Kompetenzprofil

Ziel des Bachelorstudienganges Robotik ist die auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden basierende praxisorientierte Vermittlung interdisziplinärer Fachkenntnisse und -methoden für den Entwurf, die Konstruktion, den Betrieb und die Nutzung von Robotern sowie von Elektro- und Informationssystemen für deren Steuerung, sensorische Rückkopplung und Informationsverarbeitung.

Neben fachlicher Kompetenz werden zur Förderung der Persönlichkeitsbildung und der Führungsqualitäten soziale und methodische Kompetenzen vermittelt. Durch die in Praktika, Seminaren und Projekten erworbene Sozialkompetenz sind die Studierenden in der Lage, als Teil eines Teams zu arbeiten oder eine Projektgruppe zu leiten. Zusammen führt dies zu einer eigenverantwortlichen Berufstätigkeit im Bereich der Entwicklung und der Einsatzbereitstellung autonomer, mechatronischer Systeme für Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung in industrieller Produktion aber auch für andere gesellschaftlich relevante Bereiche wie Medizintechnik oder der persönlichen, robotischen Assistenz.

Die Absolventen sollen nach ihrem Studium mit Software, Elektronik und Mechanik von stationären und mobilen Robotern vertraut sein, um moderne Informatiktechnologien wie Bilderkennung, Orientierungstechniken, Planungsalgorithmen, Kommunikationssysteme, Künstliche Intelligenz für autonome, mechatronische Systeme einzusetzen und weiterzuentwickeln. Sie sind in der Lage, selbstständig den Einsatz von Standard- und Individualrobotersystemen im industriellen und nicht-industriellen Umfeld durch enges Zusammenwirken von Informationstechnologien, Automatisierungstechnik und Sicherheitskonzepten für die Mensch-Roboter-Kollaboration zu planen und zu realisieren.

1.2 Studienabschluss

Die Technische Hochschule Ingolstadt verleiht nach erfolgreicher Abschlussprüfung die folgenden akademischen Grade:

Bachelor of Engineering (B.Eng.)

nach dem 7. Semester (sechs Theorie- und ein Praxissemester)

Master of Engineering (M.Eng.)

An der Technischen Hochschule Ingolstadt werden folgende thematisch passende, konsekutive Masterstudiengänge angeboten: "Elektrotechnik mobiler Systeme", "Automatisiertes Fahren und Fahrzeugsicherheit" und "International Automotive Engineering".

1.3 Aufbau des Robotik-Studiums

Der Studiengang Robotik umfasst sieben Semester und gliedert sich in zwei Studienabschnitte. Der erste Studienabschnitt besteht aus zwei theoretischen Studiensemestern. Der zweite Studienabschnitt besteht aus vier theoretischen und einem Praxissemester.

Das Praxissemester ist für das 5. Fachsemester vorgesehen.

1.4 Inhalte des Robotik Studiums

Das Robotik-Studium beginnt mit einem Einführungsprojekt, in dem die Studierenden in Teamarbeit die Prinzipien mechatronischen Engineerings beim Aufbau und bei der Programmierung eines mobilen Roboters kennen lernen.

In den ersten beiden Semestern werden sodann die Grundlagen der Ingenieurmathematik, der Mechanik, der Elektrotechnik und der Informatik vermittelt, außerdem Sensorik und digitale Signalverarbeitung.

Im dritten und vierten Semester werden die Grundlagen mit Blick auf die Verwendung in der Robotik ausgebaut und vertieft, vor allem durch Regelungstechnik, Aktorik, Modellierung und Simulation. Die algorithmische Seite der Robotik wird durch Fächer abgedeckt, in denen Bildverarbeitung und maschinelles Lernen sowie der Einsatz von KI-Methoden im Vordergrund stehen. Das so vermittelte systemtheoretische und Methodenwissen wird dann in Lehrveranstaltungen zu industriellen und mobilen Robotern angewandt.

Das fünfte Semester wird als Praxissemester in einem in- oder ausländischen Unternehmen durchgeführt. Ergänzend werden die Grundlagen der Betriebswirtschaft und des Gründertums vermittelt.

Das sechste Semester vertieft das Robotik-Studium durch das Kennenlernen wichtiger Anwendungsszenarien der Robotik. Von zentraler Bedeutung sind hier vor allem die Mensch-Roboter-Kollaboration sowie die eng damit verbundenen Aspekte der Robotersicherheit und der Kommunikation in verteilten Systemen. Das ganze Semester über findet ein fachwissenschaftliches Projekt statt, bei dem im Team eine anspruchsvolle Aufgabenstellung aus der Robotik zu bearbeiten ist; ergänzt wird das Curriculum des sechsten Semesters durch ein Gründertumprojekt sowie ein Seminar, bei dem sich die Teilnehmer selbstständig in aktuelle Themen der Robotik einarbeiten und über diese Themen vortragen sollen.

Im siebten Semester sind drei Wahlpflichtfächer zu belegen, die aus einem entsprechenden Katalog gewählt werden können. Außerdem dient dieses Semester zur Anfertigung der Bachelorarbeit. Bei erfolgreichem Abschluss des Studiums wird der akademische Grad "Bachelor of Engineering" verliehen.

1.5 Studienfachberater

Für alle fachlichen Fragen und Probleme im Zusammenhang mit dem Robotik-Studium steht der Fachstudienberater zur Verfügung. Dieser ist

Prof. Dr. Ulrich Schmidt, Gebäude B, Raum B103, Tel. 0841 / 9348 – 2560

Die während des Semesters geltenden Sprechstunden werden jeweils durch Aushang bekannt gemacht.

1.6 Praktikumsbeauftragter

Für alle fachlichen und organisatorischen Fragen und Probleme im Zusammenhang mit den Praktika steht der Praktikumsbeauftragte zur Verfügung. Dieser ist

Prof. Dr. Thomas Schiele, Gebäude A, Raum 116, Tel. 0841 / 93 48 – 2870

Die während des Semesters geltenden Sprechstunden werden jeweils durch Aushang bekannt gemacht.

1.7 Studiengangleiter

Für Fragen zur Organisation des Studienganges steht der Studiengangleiter zur Verfügung. Studiengangleiter für den Studiengang Robotik ist

Prof. Dr. Ulrich Schmidt, Gebäude B, Raum B103, Tel. 0841 / 9348 – 2560

Die während des Semesters geltenden Sprechstunden werden jeweils durch Aushang bekannt gemacht.

2 Curriculare Struktur

Die Vorlesungen des 1., 3., 5. und 7. Semesters finden regulär im Wintersemester statt, die des 2., 4. und 6. Semesters regulär im Sommersemester.

In den folgenden Tabellen werden für jedes Modul die Semesterwochenstunden (SWS) und die Leistungspunkte (LP) aufgeführt. Module können aus mehreren Lehrveranstaltungen bestehen (z.B. Vorlesung, Übung, Praktikum).

2.1 Erster Studienabschnitt

Modul	Nr.	Fächer	Aufteilung nach Semestern			
			1. Sem.	2. Sem.	SWS	LP
Einführungsprojekt	1	Einführungsprojekt	2		2	2
Ingenieur-mathematik 1	2.1	Ingenieurmathematik 1	4		5	6
	2.2	Übung zu Ingenieurmathematik 1	1			
Ingenieur-mathematik 2	3.1	Ingenieurmathematik 2		4	5	6
	3.2	Übung zu Ingenieurmathematik 2		1		
Grundlagen der Programmierung 1	4.1	Grundlagen der Programmierung 1	4		6	7
	4.2	Praktikum Grundlagen der Programmierung 1	2			
Grundlagen der Programmierung 2	5.1	Grundlagen der Programmierung 2		4	6	7
	5.2	Praktikum Grundlagen der Programmierung 2		2		
Technische Mechanik 1	6	Technische Mechanik 1	4		4	5
Technische Mechanik 2	7	Technische Mechanik 2		4	4	5
Elektrotechnik	8	Elektrotechnik	4		4	5
Sensorik	9	Sensorik		4	4	5
Technische Informatik	10	Technische Informatik	4		4	5
Digitale Signalverarbeitung	11.1	Digitale Signalverarbeitung		4	6	7
	11.2	Praktikum Digitale Signalverarbeitung		2		
Summe			25	25	50	60

Bei Fächern mit begleitenden Praktika ist deren Bestehen Voraussetzung für die Prüfungszulassung.

2.2 Zweiter Studienabschnitt

Der zweite Studienabschnitt beginnt mit dem 3. Studiensemester.

Semester 3 - 4

Der erste Teil des zweiten Studienabschnittes umfasst zwei theoretische Semester.

Modul	Nr.	Fächer	Aufteilung nach Semestern			
			3. Sem.	4. Sem.	SWS	LP
Regelungstechnik 1	12.1	Regelungstechnik 1	4		6	8
	12.2	Praktikum Regelungstechnik 1	2			
Regelungstechnik 2	13.1	Regelungstechnik 2		4	6	8
	13.2	Praktikum Regelungstechnik 2		2		
Aktorik	14.1	Aktorik	4		6	7
	14.2	Praktikum Aktorik	2			
Bildverarbeitung und Maschinelles Lernen	15.1	Bildverarbeitung und Maschinelles Lernen	4		6	7
	15.2	Praktikum Bildverarbeitung und Maschinelles Lernen	2			
Modellierung und Simulation	16.1	Modellierung und Simulation	4		6	8
	16.2	Praktikum Modellierung und Simulation	2			
Industrieroboter	17.1	Industrieroboter		4	6	7
	17.2	Praktikum Industrieroboter		2		
Mobile Roboter	18.1	Mobile Roboter		4	6	7
	18.2	Praktikum Mobile Roboter		2		
Grundlagen der Künstlichen Intelli- genz	19.1	Grundlagen der Künstlichen Intelligenz		4	6	8
	19.2	Praktikum Grundlagen der Künstlichen Intelligenz		2		
Summe			24	24	48	60

Bei Fächern mit begleitenden Praktika ist deren Bestehen Voraussetzung für die Prüfungszulassung.

Semester 5 - 7

Modul	Nr.	Fächer	Aufteilung nach Semestern				
			5. Sem.	6. Sem.	7. Sem.	SWS	LP
Gründertumprojekt	20	Gründertumprojekt		2		2	2
Technik der Kommunikation und der verteilten Systeme	21	Technik der Kommunikation und der verteilten Systeme		4		4	5
Sichere Robotik	22	Sichere Robotik		4		4	5
Mensch-Roboter-Kollaboration	23.1	Mensch-Roboter-Kollaboration		4		6	7
	23.2	Praktikum Mensch-Roboter-Kollaboration		2			
Fachwissenschaftliches Seminar	24	Fachwissenschaftliches Seminar		2		2	3
Fachwissenschaftliches Projekt	25	Fachwissenschaftliches Projekt		4		4	8
Fachwissenschaftliche Wahlpflichtmodule	26	Fachwissenschaftliche Wahlpflichtmodule			12	12	15
Bachelorarbeit	27.1	Seminar zur Bachelorarbeit			2	2	3
	27.2	Bachelorarbeit					12
Praktikum	28	Praktikum					24
Nachbereitendes Praxisseminar	29	Nachbereitendes Praxisseminar	1			1	2
Grundlagen der Betriebswirtschaft u. des Gründertums	30	Grundlagen der Betriebswirtschaft und des Gründertums	2			2	4
Summe			3	22	14	39	90

3 Modulbeschreibungen

Einführungsprojekt			
Modulkürzel:	ROB-EP	SPO-Nr.:	1
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	1
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	2 ECTS / 2 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		24 h
	Selbststudium:		26 h
	Gesamtaufwand:		50 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Einführungsprojekt (ROB-EP)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-EP: Prj - Projekt		
Prüfungsleistungen:	LN - ohne/mit Erfolg teilgenommen		
	Zum erfolgreichen Bestehen des Einführungsprojekts müssen folgende Punkte erfüllt sein: <ul style="list-style-type: none"> • erfolgreicher Zusammenbau (Löten) des Asuro Roboters am Löttag zu Beginn des 1. Semesters • Teilnahme an der Bibliothekseinführung • erfolgreiche Abnahme des Asuro Roboters in der letzten Programmiervorlesung • Anwesenheit bzw. Teilnahme am Asuro Roboterwettbewerb 		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> • Schaltungsgrundzüge und einfache C-Programme zu verstehen. • elektronische Bauteile zu identifizieren, zu benennen und Platinen aufzubauen. • Fehler in elektronischen Schaltungen und C-Programmen zu identifizieren. • einfache Roboteraufgaben zu erklären und zu implementieren. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Einführungsveranstaltung in das Studium • Bau eines programmierbaren, mikroelektronischen Systems (Roboter) • Teilnahme an der Bibliothekseinführung • Roboterwettbewerb 			

Literatur:

- GRUBER, Robin, Jan GREWE und Martin HOFMANN, *Mehr Spaß mit ASURO*. [Zwolle]: AREXX Intelligence Centre.
- Ohne Autor. [online]. [Zugriff am:]. Verfügbar unter: <http://www.henkesoft.de/Roboter/ASURO.htm>

Ingenieurmathematik 1			
Modulkürzel:	ROB-IM1	SPO-Nr.:	2
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	1
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	6 ECTS / 5 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		59 h
	Selbststudium:		91 h
	Gesamtaufwand:		150 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	2.1 Ingenieurmathematik 1 (ROB-IM1) 2.2 Übung zu Ingenieurmathematik 1 (ROB-IM1U)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-IM1: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung ROB-IM1U: Ü - Übung		
Prüfungsleistungen:	2.1 schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten 2.2 ohne Leistungs-/Teilnahmenachweis		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach dem Besuch des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> haben die Teilnehmer gründliche Kenntnisse und ein vertieftes Verständnis für mathematische Begriffe und Methoden. können die Studierenden diese Methoden auf Aufgabenstellung der Robotik anwenden. beherrschen die Studierenden eine analytische Denkweise, wie sie für die Lösung von Problemen der Ingenieurwissenschaften erforderlich ist. sind die Studierenden befähigt, technische Zusammenhänge in mathematischer Sprache zu formulieren, Probleme numerisch zu lösen und die Ergebnisse kritisch zu beurteilen. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> Allgemeine Grundlagen: Aussagen, Mengen, Beweisprinzipien, Relationen und Funktionen Komplexe Zahlen: Kartesische Normalform, Polarform, Rechenregeln, algebraische Gleichungen, harmonische Schwingungen Folgen und Reihen: Notation, Konvergenz, Rechenregeln, Kriterien Grenzwerte, Stetigkeit, Differentiation, Anwendungen der Differentialrechnung: Mittelwertsatz, L'Hospital, Newton-Verfahren, Satz von Taylor Integralrechnung: Bestimmte und unbestimmte Integrale, partielle Integration, Substitution, gebrochenrationale Funktionen, uneigentliche Integrale, numerische Integration Funktionsreihen: Potenzreihen, Taylorreihen, Fourierreihen 			

Literatur:

- PAPULA, Lothar, Band Band 1[2018. *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler: ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium* [online]. Wiesbaden: Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-21746-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21746-4>.
- PAPULA, Lothar, 2018. *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler - Klausur- und Übungsaufgaben: 632 Aufgaben mit ausführlichen Lösungen zum Selbststudium und zur Prüfungsvorbereitung* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-06667-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-06667-3>.
- ARENS, Tilo, HETTLICH, Frank, KARPFINGER, Christian. [online]. PDF e-Book.
- ARENS, Tilo, HETTLICH, Frank, KARPFINGER, Christian. [online]. PDF e-Book.

Ingenieurmathematik 2			
Modulkürzel:	ROB-IM2	SPO-Nr.:	3
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	2
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	6 ECTS / 5 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		59 h
	Selbststudium:		91 h
	Gesamtaufwand:		150 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	3.1 Ingenieurmathematik 2 (ROB-IM2) 3.2 Übung zu Ingenieurmathematik 2 (ROB-IM2U)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-IM2: SU - seminaristischer Unterricht ROB-IM2U: Ü - Übung		
Prüfungsleistungen:	3.1 schrP - schriftliche Prüfung 90-120 min 3.2 ohne Leistungs-/Teilnahmenachweis		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach dem Besuch des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> haben die Teilnehmer gründliche Kenntnisse und ein vertieftes Verständnis für mathematische Begriffe und Methoden. können die Studierenden diese Methoden auf Aufgabenstellung der Mechatronik anwenden. beherrschen die Studierenden eine analytische Denkweise, wie sie für die Lösung von Problemen der Ingenieurwissenschaften erforderlich ist. sind die Studierenden in der Lage, technische Zusammenhänge in mathematischer Sprache zu formulieren, Probleme numerisch zu lösen und die Ergebnisse kritisch zu beurteilen. helfen die vermittelten Kenntnisse den Studierenden, methodische Kompetenz für Modellbildung und Entwurf mechatronischer Systeme zu entwickeln. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> Lineare Algebra: Lineare Gleichungssysteme, Determinanten, Matrizen, Skalar- und Vektorprodukt, Eigenwerte und Eigenvektoren Gewöhnliche Differentialgleichungen: Trennung der Variablen, Substitution, Variation der Konstanten, lineare DGLn mit konstanten Koeffizienten, Schwingungsgleichung, Systeme linearer DGLn mit konstanten Koeffizienten Funktionen mehrerer Variablen: Grenzwerte, Stetigkeit, Differentiation, Integration Kurven und Oberflächen Vektoranalysis: Skalar- und Vektorfelder, Gradient, Divergenz, Rotation, Kurvenintegrale, Oberflächenintegrale, Integralsätze Integraltransformationen: Fourier, Laplace 			

Literatur:

- PAPULA, Lothar, *Mathematik für Naturwissenschaftler und Ingenieure*.
- ARENS, TILO, ET AL., 2015. *Mathematik*.

Grundlagen der Programmierung 1			
Modulkürzel:	ROB-GP1	SPO-Nr.:	4
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	1
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	7 ECTS / 6 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		70 h
	Selbststudium:		105 h
	Gesamtaufwand:		175 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	4.1 Grundlagen der Programmierung 1 (ROB-GP1) 4.2 Praktikum Grundlagen der Programmierung 1 (ROB-GP1P)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-GP1: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung ROB-GP1P: Pr - Praktikum		
Prüfungsleistungen:	4.1 schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten 4.2 LN - ohne/mit Erfolg teilgenommen		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • natürlichsprachlich beschriebene Aufgabenstellungen in formal beschriebene Algorithmen umzusetzen. • typische Sprachmittel einer prozeduralen Programmiersprache wiederzugeben. • einfache und komplexe Objekte der Anwendungsdomäne durch geeignete Datenstrukturen zu modellieren. • Bibliotheks- und eigenen Module als Mittel zur Beherrschung von Komplexität (wieder) zu verwenden. • grundlegende Prinzipien des Software Engineerings anzuwenden. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe der Informatik: Algorithmen, Daten, Datentyp, Syntax, Semantik • Einführung in die Programmiersprache C • Kontrollstrukturen, Funktionen, Rekursionen • lokale Variable, Parameterübergabe, run-time stack • ein- und mehrdimensionale Arrays • Zeiger und Adressen, Zeiger auf Zeiger • dynamische Speicherverwaltung • Strings und die Bibliothek string.h • Zeigerarrays • Strukturen • verkettete Listen und Binärbäume • Funktionszeiger 			

Entwicklungsumgebung: www.codeblocks.org

Literatur:

- KERNIGHAN, Brian W. und Dennis M. RITCHIE, 1988. *The C programming language*. 2. Auflage. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-110362-8, 0-13-110370-9
- ERLenkÖTTER, Helmut, 2016. *C Programmieren von Anfang an*. 23. Auflage. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag. ISBN 978-3-499-60074-6, 3-499-60074-9
- WOLF, Jürgen. *C von A bis Z* [online]., 2009 [Zugriff am:]. Verfügbar unter: openbook.rheinwerk-verlag.de/c_von_a_bis_z

Grundlagen der Programmierung 2			
Modulkürzel:	ROB-GP2	SPO-Nr.:	5
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	2
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	7 ECTS / 6 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		70 h
	Selbststudium:		105 h
	Gesamtaufwand:		175 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	5.1 Grundlagen der Programmierung 2 (ROB-GP2) 5.2 Praktikum Grundlagen der Programmierung 2 (ROB-GP2P)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-GP2: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung ROB-GP2P: Pr - Praktikum		
Prüfungsleistungen:	5.1 schrP - schriftliche Prüfung 90-120 min 5.2 LN - ohne/mit Erfolg teilgenommen		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Nach erfolgreicher Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> die Prinzipien der objektorientierten und funktionalen Programmierung zu erläutern und eigenständig größere Programme nach diesen Prinzipien zu entwickeln. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> Einführung in die Programmiersprache Java Klassen und Objekte Attribute und Methoden Polymorphie Funktionale Programmierung mit Lambda-Ausdrücken Collections und Streams Benutzeroberflächen und Event-Verarbeitung Threads 			
Literatur:			
<ul style="list-style-type: none"> KRUEGER, Guido und Heiko HANSEN, 2014. <i>Java-Programmierung - Das Handbuch zu Java 8</i>. 8. Auflage. ISBN 978-3955615147 INDEN, Michael, 2015. <i>Java 8 - Die Neuerungen</i>. 2. Auflage. ISBN 978-3864902901 ULLENBOOM, Christian, 2017. <i>Java ist auch eine Insel</i>. 13. Auflage. ISBN 978-3836258692 			

Technische Mechanik 1			
Modulkürzel:	ROB-TM1	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	1
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		47 h
	Selbststudium:		78 h
	Gesamtaufwand:		125 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Technische Mechanik 1 (ROB-TM1)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-TM1: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach Besuch dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Prinzipien und Methoden der Statik starrer Körper zu verstehen und diese auf Aufgabenstellungen der Mechatronik anzuwenden. • reale Bauteile und Strukturen in vereinfachte mechanische Ersatzmodelle zu überführen. • die auf ein mechanisches System wirkenden Belastungen zu analysieren und zu berechnen. • die Lagerreaktionen und Schnittreaktionen von Maschinenteilen und Strukturen unter statischen mechanischen Belastungen zu berechnen. • Schwerpunkte von Linien, Flächen und Volumina zu berechnen. • das grundlegende Konzept der Reibung anzuwenden und entsprechende Aufgabenstellungen zu analysieren. • die kinematischen Zusammenhänge eindimensionaler Bewegungsvorgänge des Massenpunkts zu analysieren und zu berechnen 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Einführung der grundlegenden Begriffe und Definitionen (Kräfte, Axiome, Prinzipie) • Kräftegleichgewicht • Freischneiden • Ebene Kräftesysteme (zentrales und allgemeines Kräftesystem) • Kräfte und Momente • Tragwerke, inklusive Fachwerke • Lagerungsarten und statische Bestimmtheit • Schnittgrößen, innere Kräfte und Momente • räumliche Statik • Schwerpunktberechnung • Reibung 			

- eindimensionale Bewegung des Massenpunkts

Literatur:

- MAYR, Martin, 2015. *Technische Mechanik: Statik, Kinematik - Kinetik - Schwingungen, Festigkeitslehre* [online]. München [u.a.]: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44618-2, 978-3-446-44570-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446446182>.
- GROSS, Dietmar, HAUGER, Werner, SCHRÖDER, Jörg, 2019. *Technische Mechanik 1 : Statik* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-662-59157-4.
- ELLER, Conrad, Günther HOLZMANN und Heinz MEYER, 2018. *Technische Mechanik [1]. Statik*. 15. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-22576-6 ; 3-658-22576-9
- HIBBELER, Russell C., 2018. *Technische Mechanik 1 - Statik*. 14. Auflage. Halbergmoss: Pearson. ISBN 9783863268466
- HOLZMANN, G., H. MEYER und G. SCHUMPICH, 2012. *2012. Technische Mechanik/2. Kinematik und Kinetik*. 11. Auflage. Stuttgart: Teubner. ISBN 978-3-8348-2239-0

Technische Mechanik 2			
Modulkürzel:	ROB-TM2	SPO-Nr.:	7
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	2
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		47 h
	Selbststudium:		78 h
	Gesamtaufwand:		125 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Technische Mechanik 2 (ROB-TM2)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-TM2: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Grundkenntnisse der Mathematik (Integral- und Differentialrechnung) und Physik, Inhalte der Vorlesung Technische Mechanik 1			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • die kinematischen Zusammenhänge technischer Vorgänge in unterschiedlichen Koordinatensystemen zu analysieren und zu berechnen • technische Systeme auf vereinfachte Massepunkt- oder Starrkörpersysteme zu reduzieren und diese hinsichtlich ihres Bewegungsverhaltens (Kinematik) zu interpretieren • kinematische Bewegungsgrößen translatorischer (Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung) und rotatorischer Systeme (Winkel, Winkelgeschwindigkeit und - beschleunigung) durch Anwendung physikalischer Gesetzmäßigkeiten zu quantifizieren • die Wirkungen von Kräften und Momenten auf den Bewegungszustand von Massepunkten, Massepunktsystemen und starren Körpern zu bewerten und für gegebene Randbedingungen zu berechnen (Kinetik) • technisch relevante Stoßvorgänge zu analysieren und zu berechnen • das Schwingungsverhalten technischer Systeme interpretieren und Einflussmöglichkeiten ableiten können 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Kinematik des Massenpunktes (geradlinige Bewegung, allg. Bewegung in untersch. Koordinatensystemen, Kreisbewegungen, Bewegung von Massepunktsystemen, Relativbewegung in translatorisch bewegten Bezugssystemen) • Kinematik starrer Körper (Freiheitsgrade, Translation und Relation, ebene Bew. allg. Art, Momentanpol) • Kinetik des Massenpunktes (Newtonsche Axiome, Dyn. Grundgesetz, Impulssatz, Drall und Drallsatz, Arbeits- und Energiesatz) • Kinetik starrer Körper (Translation und Relation, Massenträgheitsmomente, Satz von Steiner, red. Massenträgheitsmoment) • Impuls, Drehimpuls und Stoß starrer Körper (Impuls und Impulserhaltungssatz, Drallsatz und Impulsmomentensatz, Stoß starrer Körper) 			

- Schwingungen (Eigenschwingverhalten, Eigenfrequenz, Dämpfung, fremderregte Schwingung, Resonanz)

Literatur:

- GROSS, Dietmar, HAUGER, Werner, SCHRÖDER, Jörg, 2015. *Technische Mechanik 3* [online]. *Kinetik*. Berlin [u.a.]: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-642-53953-4, 978-3-642-53954-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-53954-1>.
- MAYR, Martin, 2015. *Technische Mechanik: Statik, Kinematik - Kinetik - Schwingungen, Festigkeitslehre*. 8. Auflage. München: Hanser. ISBN 978-3-446-44618-2
- HIBBELER, Russell C., 2021. *Technische Mechanik 3 Dynamik*. 14. Auflage. München: Pearson. ISBN 978-3-86894-408-2
- HOLZMANN, Günther, MEYER, Heinz, SCHUMPICH, Georg, 2019. *Technische Mechanik, Kinematik und Kinetik* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-25587-9, 978-3-658-25586-2.

Elektrotechnik			
Modulkürzel:	ROB-ET	SPO-Nr.:	8
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	1
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		47 h
	Selbststudium:		78 h
	Gesamtaufwand:		125 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Elektrotechnik (ROB-ET)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-ET: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studentinnen und Studenten in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • elektrotechnische Größen am Kondensator wie elektrische Ladung, elektrisches Feld, Energie und Potential sowie elektrische Spannung beschreiben und berechnen zu können • das elektrische Feld darzustellen, den Ladungstransport sowie deren Widerstand und Verlustleistung anzugeben • elektrische Netzwerke zu analysieren, Berechnungen mittels Knoten- und Maschengleichungen durchzuführen • Magnetfelder darzustellen sowie Induktion und Durchflutung von Induktivitäten zu berechnen • Analogien zwischen elektrischen und magnetischen Größen zu verstehen und magnetische Kreise zu berechnen • die integralen Maxwellgleichungen für elektrische und magnetische Felder, Induktions- und Durchflutungsgesetz sowie Feldgrößen und deren Wechselbeziehung zu kennen und anzuwenden • Wechselstromnetzwerke zu analysieren und mittels Zeigerdiagrammen und komplexer Darstellung anzugeben und zu berechnen • den Leistungsbegriff auf Wechselstrom zu übertragen, die Begrifflichkeiten Effektivwert, Wirkleistung, Scheinleistung und Blindleistung zu verstehen und Berechnungen durchzuführen 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Ladung, Coulombsches Gesetz, elektrisches Feld, Spannung und Potential, Dielektrizitätskonstante, Influenz, Leiter im E-Feld, Nichtleiter im E-Feld, Kapazität, Energie, Kondensator • Stationäre Ströme, Gleichstrom, Elektrische Stromstärke und Stromdichte, Driftgeschwindigkeit, Ladungserhaltung, Kirchhoffsche Knotenpunktregel, Ladungsbewegung infolge von Kräften, lokales und globales Ohmsches Gesetz, Gleichstromkreise, Verschaltung von Widerständen, Netzwerkanalyse, Verlustleistung • Magnetfeld, Kräfte auf bewegte Ladungen, Quellenfreiheit des B-Feldes, Magnetfelderzeugung durch elektrische Ströme, Permeabilität, der magnetische Kreis 			

- induziertes elektrisches Feld, Bewegungsinduktion, Ruheinduktion, Induktivität, Verschaltung von Induktivitäten, Energie im magnetischen Feld
- Integrale Maxwellgleichungen für elektrische und magnetische Felder, Induktions- und Durchflutungsgesetz, Feldgrößen und deren Wechselbeziehung
- Grundbegriffe der Wechselstromlehre, Elemente R, L, C bei Betrieb an Wechselspannung, Verschaltung von Elementen, Leistung und Effektivwert, Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung
- Komplexe Zahlen, Beschreibung sinusförmiger Größen, Berechnung von Verschaltungen mit komplexer Rechnung, Leistung bei komplexer Rechnung

Literatur:

- FÜHRER, Arnold, HEIDEMANN, Klaus, NERRETER, Wolfgang, 2019. *Grundgebiete der Elektrotechnik: Band 1: Stationäre Vorgänge* [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-46092-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446460928>.
- HARRIEHAUSEN, Thomas, SCHWARZENAU, Dieter, MOELLER, Franz, 2020. *Moeller Grundlagen der Elektrotechnik* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden PDF e-Book. ISBN 978-3-658-27840-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27840-3>.
- HAGMANN, Gert, 2020. *Grundlagen der Elektrotechnik: das bewährte Lehrbuch für Studierende der Elektrotechnik und anderer technischer Studiengänge ab 1. Semester*. 18. Auflage. Wiebelsheim: AULA-Verlag. ISBN 978-3-89104-830-6, 3-89104-830-0

Sensorik			
Modulkürzel:	ROB-Sensorik	SPO-Nr.:	9
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	2
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		47 h
	Selbststudium:		78 h
	Gesamtaufwand:		125 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Sensorik (ROB-Sensorik)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-Sensorik: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP - schriftliche Prüfung 90-120 min		
	Höhere Mathematik und Physik - breites naturwissenschaftliches Interesse in der Schule sowie Weiterbildung mit Wissenschaftssendungen sowie besonders die Umsetzung eigener Projekte in der Elektronik		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • elektrische Aufbauten messtechnisch und selbstständig zu Erfassen und mögliche Messfehler einzuschätzen. • Grundsaltungen von Operationsverstärkern zum Verstärken von Messsignalen anzuwenden, zu parametrieren und anzupassen. • Fehler durch Ausgleichsrechnung zu minimieren. • typische Sensoren aus dem Bereich der Industrie und Service-Robotik zu benennen und deren Einsatzgebiet zu kennen. 			
Inhalt:			
<p>Seminar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arten und Anwendung von Messgeräten • Statische und dynamische Systeme beim Messen • idealer/realer OPV, sowie damit zusammenhängende Schaltung • Messen von Wechsel- und Gleichstromgrößen, Strom und Spannung, Brückenschaltungen • Messsignale und Strukturen • analoge Messgeräte • A/D-D/A-Wandlung • Messung von Zeitdauer/Periode/Frequenz Zähler • Messung nichtelektrischer Größen wie Winkel/Weg und deren Ableitungen sowie Wärmetransportphänomene/Temperaturmessung • Simulationen/Modellierung in LTSPICE 			

Praktikum:

- Grundlagen zu Messgeräten, wie Multimeter und Oszilloskop
- Grundsaltungen mit Operationsverstärkern
- Vermessungen von RLC-Netzwerken
- Simulation von Schaltkreisen mittels LT-Spice
- AD- und DA-Wandlung von Signalen
- Aufbau von einfachen digitalen Schaltungen
- Auswertung von Encodern
- Messen von Distanzwerten mittels LIDAR und Ultraschall

Literatur:

- HOFFMANN, Jörg, 2015. *Taschenbuch der Messtechnik*. 7. Auflage. ISBN 978-3-446-44271-9
- MÜHL, Thomas, 2014. *Einführung in die elektrische Messtechnik*. ISBN 978-3-8348-2063-1

Technische Informatik			
Modulkürzel:	ROB-TI	SPO-Nr.:	10
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	1
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		47 h
	Selbststudium:		78 h
	Gesamtaufwand:		125 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Technische Informatik (ROB-TI)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-TI: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind Studierende in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • mit ganzen und gebrochenen Binärzahlen zu rechnen und Rechenmethoden der Schaltalgebra anzuwenden. • die grundlegenden Schaltungskonzepte digitaler Logik anzuwenden und zu erläutern. • minimierte Realisierungen von einfachen Schaltnetzen und Schaltwerken bzw. endlichen Automaten herzustellen, zu bewerten und zu entwickeln. • Komponenten einfacher Rechnersysteme zu klassifizieren, zu bewerten und auch selbst zu entwickeln. • deren Zusammenwirken zu analysieren. • den Aufbau eines Universalrechners und seine Arbeitsweise zu beschreiben. 			
Inhalt:			
<p>Einleitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition der technischen Informatik • Geschichtlichen Entwicklung • Aktuelle Trends <p>Zahlensysteme und Codes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Darstellung von natürlichen und rationalen Zahlen • Fehlererkennende Codes <p>Boolesche Algebra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengen- und Schaltalgebra • Boolesche Ausdrücke • Rechnen mit boolescher Algebra und die De-morgansche Gesetze • Normalformen • Minimierung mittels Karnaugh-Veitch-Diagrammen 			

Schaltnetze und Halbleitertechnik

- Allgemeine Halbleitertechnik
- Transistor als Schalter
- Zeitverhalten von digitalen Schaltungen

Standardschaltwerke

- Register
- Zähler
- Multiplexer und Demultiplexer
- Komparator
- Addierer und Subtrahierer

Hardware-Komponenten eines Computers

- Rechnerarchitekturen
- Zentraleinheit mit Prozessor und Arbeitsspeicher
- Peripherie

Entwicklung eines Programms

- Compiler
- Linker
- Debugger

Literatur:

- HOFFMANN, Dirk W, 2020. *Grundlagen der Technischen Informatik*. 3. Auflage. ISBN 978-3-446-46314-1
- HEROLD, Helmut, Bruno LURZ und Jürgen WOHLRAB, 2019. *Grundlagen der Informatik*. 3. Auflage. ISBN 978-3-8632-6803-9

Digitale Signalverarbeitung			
Modulkürzel:	ROB-DS	SPO-Nr.:	11
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Robotik	Pflichtfach	2
Sprache:	Deutsch		
Leistungspunkte / SWS:	7 ECTS / 6 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	70 h	
	Selbststudium:	105 h	
	Gesamtaufwand:	175 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	11.1 Digitale Signalverarbeitung (ROB-DS) 11.2 Praktikum Digitale Signalverarbeitung (ROB-DSP)		
Lehrformen des Moduls:	ROB-DS: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung ROB-DSP: Pr - Praktikum		
Prüfungsleistungen:	11.1 schrP - schriftliche Prüfung 90-120 min 11.2 LN - ohne/mit Erfolg teilgenommen		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Beschreibung von Signalen im Zeit- und Frequenzbereich und der Korrespondenzen umfassend darzustellen. • den Zusammenhang Fourier/Laplace/Diskrete Fourier/Z-Transformation zu erläutern. • Transformationen zu verstehen und die Transformationen der wichtigen Signale durchzuführen auf Basis der mathematischen Grundlagenvorlesungen. • zwischen verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von Filtern und der Zerlegung von Filtern zu unterscheiden. • den Unterschied von FIR und IIR und den daraus folgenden Eigenschaften für das Design von Filtern zu erläutern. • den Unterschied deterministischer und stochastischer Signale zu skizzieren. • die Konzepte statistischer Filter wie z.B. des Kalmanfilters zu verstehen. 			
Inhalt:			
<p>1) Grundlagen zur Signal- und Systembeschreibung: Fourier-Reihe und Fourier-Transformation, Beschreibung von Signalen im Zeit- und Frequenzbereich, Faltung und Impulsantwort, Abtastung von zeitkontinuierlichen Signalen (Abtasttheorem), Diskrete Fourier-Transformation, Übertragungsfunktion, Amplitudengang, Phasengang</p> <p>2) Grundlegende Filterstrukturen: Beschreibung von FIR- und IIR-Filtern, Verfahren zur Filterapproximation (Bilineare Transformation, Impulsinvariante Approximation), Filterstrukturzerlegung (Parallel- und Kaskadenstruktur)</p> <p>3) Abtastratenumsetzung: Interpolator (Abtastratenerhöhung), Dezimator (Abtastratenerniedrigung), Delta-Sigma A/D Wandler</p>			

4) Stochastische Signale: Energie- und Leistungssignale, Faltung, Korrelation, Energiedichtespektrum, Parsevalsches Theorem, Beschreibung von stochastischen Signalen und Prozessen, Beschreibung der Transformation von deterministischen und stochastischen Signalen über lineare zeitinvariante Systeme

5) Einführung in die statistischen Filter

Literatur:

- OPPENHEIM, Alan V., Ronald W. SCHAFER und John R. BUCK, 2004. *Zeitdiskrete Signalverarbeitung*. 2. Auflage. München: Pearson Studium. ISBN 9781299747203, 9783863265441
- FREY, Thomas, BOSSERT, Martin, 2004. *Signal- und Systemtheorie* [online]. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag PDF e-Book. ISBN 978-3-322-96727-5, 978-3-519-06193-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-322-96727-5>.
- HAYKIN, Simon S., 2014. *Adaptive filter theory*. 5. Auflage. Upper Saddle River, NJ [u.a.]: Pearson. ISBN 978-0-273-77572-0
- BEUCHER, Ottmar, 2019. *Signale und Systeme: Theorie, Simulation, Anwendung: eine beispielorientierte Einführung mit MATLAB; mit 115 Beispielen, 159 Übungsaufgaben und 220 MATLAB-Programmen* [online]. Berlin: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-662-58044-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58044-8>.