

## **Modulhandbuch des Studiengangs**

# **Elektrotechnik und Informationstechnik (Master of Science)**

**an der  
Universität der Bundeswehr München**

**(Version 2023)**

# Prolog

Im Master Studiengang EIT muss der/die Studierende eine Vertiefung und innerhalb der Vertiefung eine Spezialisierung auswählen. Es gibt zwei Vertiefungen mit drei bzw. fünf Spezialisierungen. Dabei sind folgende Kombinationen möglich:

## **Vertiefung 1: Electric Mobility & Power**

Spezialisierungen:

- 1A) Electric Mobility,
- 1B) Electric Power
- 1C) MINT vernetzt\*

## **Vertiefung 2: Mobile & Space Communication**

Spezialisierungen:

- 2A) Connected Life
- 2B) Micro & Nano Electronics
- 2C) Mobile & Space Communication
- 2D) Transmission Security
- 2E) MINT vernetzt\*

Notwendige Modulbelegung bezogen auf die im weiteren Verlauf des Modulhandbuches verwendeten Bezeichnungen für die beschriebenen 8 Wahlmöglichkeiten:

- 1A)
  - 40 ECTS Pflichtmodule (Module 1237, 1239, 1240, 1241, 1242, 1226, 1227) +
  - 10 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility“ +
  - 15 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Mobility“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“\*\*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit
- 1B)
  - 40 ECTS Pflichtmodule (Module 1237, 1239, 1240, 1241, 1242, 1226, 1227) +
  - 10 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility“ +
  - 15 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Power“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“\*\*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit
- 1C)
  - 35 ECTS Pflichtmodule (Module 1237, 1239, 1240, 1241, 1242, 1227) +
  - 30 ECTS aus „Modul MINT-vernetzt (EIT)“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“\*\*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit
- 2A)
  - 30 ECTS Pflichtmodule (Module 1244, 6050, 6051, 6052, 6053, 6054) +
  - 35 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Connected Life“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“ \*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit
- 2B)
  - 30 ECTS Pflichtmodule (Module 1244, 6050, 6051, 6052, 6053, 6054) +
  - 35 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Micro & Nano Electronics“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“\*\*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit

- 2C)
  - 30 ECTS Pflichtmodule (Module 1244, 6050, 6051, 6052, 6053, 6054) +
  - 35 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Mobile & Space Communication“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“\*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit
  
- 2D)
  - 30 ECTS Pflichtmodule (Module 1244, 6050, 6051, 6052, 6053, 6054) +
  - 35 ECTS aus „Wahlpflichtmodule Transmission Security“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“ \*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit
  
- 2E)
  - 35 ECTS Pflichtmodule (Module 1244, 6050, 6051, 6052, 6053, 6054, 6062) +
  - 30 ECTS aus „Modul MINT-ernetzt (EIT)“ +
  - 20 ECTS aus „Wahlpflichtmodule MINT Fächer“\*\* +
  - 5 ECTS „Verpflichtendes Begleitstudium plus“ +
  - 30 ECTS Masterarbeit

\* Die Spezialisierungen „MINT vernetzt“ erfordern eine Bewerbung an den Studiendekan, nach Bekanntgabe der Themen durch den Fakultätsrat. Insgesamt werden maximal 3 Studierende/ Jahrgang zu dieser Spezialisierung zugelassen.

\*\* Es dürfen in diesem Block keine Veranstaltungen gewählt werden, die bereits in einem anderen Block des Studiums belegt und geprüft wurden. Fächer außerhalb der im Modulhandbuch genannten Module erfordern eine Genehmigung durch den Vorsitzenden des Prüfungsausschuss Master EIT.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Prolog</b> .....	2
<b>Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Electric Mobility &amp; Power- EIT 2023</b>	
1237 Systeme der Leistungselektronik.....	9
1239 Kraftwerks- und Netztechnik.....	11
1240 Messtechnik und Sensorik.....	14
1241 Automatisierungstechnik.....	16
1242 Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik.....	19
<b>Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile &amp; Space Communication - EIT 2023</b>	
1244 Kommunikationstechnik II.....	23
6050 Signalverarbeitung.....	25
6051 Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen.....	27
6052 Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme.....	29
6053 Kanalcodierung.....	32
6054 Digitale Bildverarbeitung.....	34
<b>Überkonto Wahlpflichtmodule der Vertiefungsrichtung: Electric Mobility &amp; Power Spezialisierung- EIT 2023</b>	
1226 Praktikum: Elektrische Antriebe.....	36
1227 Praktikum: Elektrische Maschinen.....	38
<b>Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023</b>	
1280 Praktikum: Regelungstechnik.....	40
1282 Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik.....	42
1359 Praktikum: Leistungselektronik.....	44
1461 Laborpraktikum I.....	46
1462 Laborpraktikum II.....	47
1493 Praktikum: Numerische Simulation in der Technik.....	48
1504 Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop.....	50
2995 Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW.....	52
6055 Praktikum Hochspannungstechnik.....	54
<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Mobility- EIT 2023</b>	
1223 FEM in der Antriebstechnik.....	56
1446 Simulation leistungselektronischer Systeme.....	58
6058 Regelung für energietechnische Systeme.....	60
6066 Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik.....	62
<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Power - EIT 2023</b>	

1307	Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik.....	64
1369	Grundlagen der Blitzschutztechnik.....	66
1446	Simulation leistungselektronischer Systeme.....	68
6058	Regelung für energietechnische Systeme.....	70

#### **Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mint vernetzt - EIT 2023**

2997	MINT-vernetzt (EIT).....	72
------	--------------------------	----

#### **Überkonto Wahlpflichtmodule der Vertiefungsrichtung Mobile and Space Communication Spezialisierung- EIT 2023**

##### **Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023**

2996	Mobilkommunikation und Radartechnik.....	74
3698	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen.....	76
6059	Integrierte Schaltungen.....	78
6060	Digitale Filter und Array Processing.....	80
6061	Methoden der Künstlichen Intelligenz.....	83
6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit.....	86
6063	CAD und Wellenausbreitung.....	89

##### **Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023**

2996	Mobilkommunikation und Radartechnik.....	91
6060	Digitale Filter und Array Processing.....	93
6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit.....	96
6063	CAD und Wellenausbreitung.....	99
6065	Weltraumnutzung.....	101
6066	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik.....	104
6069	Inter- Satellite Communications.....	106

##### **Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023**

1240	Messtechnik und Sensorik.....	109
1846	Biomedizinische Informationstechnik 1.....	111
2996	Mobilkommunikation und Radartechnik.....	114
6060	Digitale Filter und Array Processing.....	116
6061	Methoden der Künstlichen Intelligenz.....	119
6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit.....	122
6067	Biomedizinische Informationstechnik 2.....	125

##### **Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023**

1293	Schaltungssimulation.....	128
1846	Biomedizinische Informationstechnik 1.....	130
1899	Werkstoffe der Elektrotechnik.....	133
3698	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen.....	135
6059	Integrierte Schaltungen.....	137
6067	Biomedizinische Informationstechnik 2.....	139

6068	Neuartige Bauelemente und deren Zuverlässigkeit.....	142
<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mint vernetzt - EIT 2023</b>		
2997	MINT-ernetzt (EIT).....	144
6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit.....	146
<b>Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023</b>		
1223	FEM in der Antriebstechnik.....	149
1224	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik.....	151
1226	Praktikum: Elektrische Antriebe.....	153
1227	Praktikum: Elektrische Maschinen.....	155
1229	Auslandspraktikum I.....	157
1230	Auslandspraktikum II.....	158
1237	Systeme der Leistungselektronik.....	159
1239	Kraftwerks- und Netztechnik.....	161
1240	Messtechnik und Sensorik.....	164
1241	Automatisierungstechnik.....	166
1242	Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik.....	169
1244	Kommunikationstechnik II.....	173
1278	Halbleiterproduktionstechnik.....	175
1279	Nichtlineare Regelung.....	177
1280	Praktikum: Regelungstechnik.....	179
1281	Regelungstechnisches Seminar.....	181
1282	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik.....	183
1286	Spezielle messtechnische Probleme.....	185
1287	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme.....	187
1290	Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik.....	189
1293	Schaltungssimulation.....	192
1294	Angewandte Lineare Algebra.....	194
1296	Praktikum: Plasmatechnik.....	196
1307	Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik.....	197
1308	Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt.....	199
1326	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik.....	202
1359	Praktikum: Leistungselektronik.....	203
1366	Explorative Statistik.....	205
1368	Industriepraktikum.....	207
1369	Grundlagen der Blitzschutztechnik.....	209
1391	Numerik und Chaostheorie.....	211
1404	Mathematik der Information.....	213
1446	Simulation leistungselektronischer Systeme.....	215
1457	Kryptologie.....	217
1461	Laborpraktikum I.....	219

1462	Laborpraktikum II.....	220
1463	Flexible hybride Elektronik und Integration.....	221
1488	Halbleitersensoren und Mikrosysteme.....	223
1493	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik.....	225
1504	Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop.....	227
1508	Approximation von Funktionen.....	229
1831	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden.....	231
1846	Biomedizinische Informationstechnik 1.....	233
1876	Entwurf moderner Modem System-on-Chips.....	236
1898	Praktikum Halbleitertechnologie.....	238
1899	Werkstoffe der Elektrotechnik.....	240
2317	Quantencomputing für Ingenieure.....	242
2318	Lernende Algorithmen.....	244
2489	Seminar über Logik.....	246
2801	Digitaler Schaltungsentwurf.....	
(Univ		248
2803	Grundlagen der Radartechnik.....	250
2995	Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW.....	252
2996	Mobilkommunikation und Radartechnik.....	254
3442	Statistik für Ingenieure.....	256
3684	MATLAB essentials.....	258
3685	Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich.....	260
3698	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen.....	263
3825	Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt.....	265
3829	Mobilfunksysteme und Mustererkennung.....	268
6050	Signalverarbeitung.....	270
6051	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen.....	272
6052	Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme.....	274
6053	Kanalcodierung.....	277
6054	Digitale Bildverarbeitung.....	279
6055	Praktikum Hochspannungstechnik.....	281
6058	Regelung für energietechnische Systeme.....	283
6059	Integrierte Schaltungen.....	285
6060	Digitale Filter und Array Processing.....	287
6061	Methoden der Künstlichen Intelligenz.....	290
6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit.....	293
6063	CAD und Wellenausbreitung.....	296
6065	Weltraumnutzung.....	298
6066	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik.....	301
6067	Biomedizinische Informationstechnik 2.....	303

6068	Neuartige Bauelemente und deren Zuverlässigkeit.....	306
6069	Inter- Satellite Communications.....	308
<b>Masterarbeit - EIT 2023</b>		
1233	Masterarbeit EIT.....	311
<b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b>		
1008	Seminar studium plus, Training.....	312
<b>Übersicht des Studiengangs: Konten und Module.....</b>		<b>315</b>
<b>Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen.....</b>		<b>319</b>



Modulname	Modulnummer
<b>Systeme der Leistungselektronik</b>	1237

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Electric Mobility & Power- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12371	VÜ	Systeme der Leistungselektronik I	Pflicht	4
12372	VÜ	Systeme der Leistungselektronik II	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Elektrotechnik",</li> <li>• Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Leistungselektronik".</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Kenntnisse über Anwendungsbereiche und typ. Eigenschaften leistungselektronischer Systeme,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbständiges Erfassen der typischen Grundstrukturen,</li> <li>• Selbständiges Erkennen technischer Probleme in Planung und Realisierung,</li> <li>• Fähigkeiten zur Analyse und grundlegenden Dimensionierung leistungselektronischer Systeme.</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsgebiete und Entwicklungstrends: Grundstrukturen leistungselektronischer Systeme, Anforderungen und Designaspekte,</li> <li>• Leistungsteile: Anforderungen, Elektrische Schnittstellen, Komponenten und Modularisierung, Sicherheit und Störfallbehandlung,</li> <li>• Leistungshalbleiter: Aufbau- und Verbindungstechnik, thermische und elektrische Auslegung, Zuverlässigkeit, Verhalten in Fehlerfällen und Ansteuerung,</li> <li>• Steuer- und Regelverfahren für selbstgeführte Stromrichter: Pulsweitenmodulation, Raumzeigermodulation, direkte Regelverfahren,</li> <li>• Multilevel-Stromrichter und deren Anwendungen: Synthese von Multilevel-Strukturen, Neutral-Point-Clamped (NPC)- und Flying Capacitor (FC)-Schaltungen, Modulare Multilevel (MMC)-Stromrichter,</li> <li>• Leistungselektronische Systeme für Stromversorgungen,</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Leistungselektronische Systeme für Antriebszwecke,</li><li>• Leistungselektronische Systeme für die Energieübertragung und -verteilung.</li></ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bernet: Selbstgeführte Stromrichter am GS-Zwischenkreis, Springer 2012</li><li>• Lutz: Halbleiter-Leistungsbaulemente, Springer 2012</li><li>• Mohan: "Power Electronics", Wiley 2003</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung von 90min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30min Dauer (mP-30), bestehend aus einer Teilprüfung für die LV 12371 und einer Teilprüfung für die LV 12372. Jede dieser Teilprüfungen muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden werden.</p> <p>Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Für die Modulnote werden die Leistungen der Lehrveranstaltungen 12371 und 12372 im Verhältnis 70:30 gewertet.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li><li>• Pflichtmodul in der Vertiefungsrichtung ME-Mechatronik des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.)</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
2 Semester, in jedem FT/HT

Modulname	Modulnummer
<b>Kraftwerks- und Netztechnik</b>	1239

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Electric Mobility & Power- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Thomas Weyh	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12391	VÜ	Kraftwerkstechnik	Pflicht	3
12392	VÜ	Netztechnik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnis des Moduls "Einführung in Electric Power Systems (EMP)"
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erwerben vertiefende Kenntnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• über Arten und Verfügbarkeit von Energiequellen und Mechanismen zur Umwandlung in elektrische Energie einschließlich einer kritischen Bewertung der resultierenden Umweltbelastungen</li> <li>• zu unterschiedlichen Bauformen von Dampfkraftwerken einschließlich deren Konzepte zur Effizienzsteigerung und Reduzierung der Einflüsse auf die Umwelt</li> <li>• zu weiteren klassischen thermischen Kraftwerkstypen wie Gasturbinenkraftwerke und deren Unterschiede bezüglich Aufbau, Kosten, Wirkungsgrad und Anlagenverfügbarkeit</li> <li>• zu Potential und Perspektive moderner regenerativer Energiequellen, basierend auf Wind, Sonne und Wasserkraft sowie weiterer Zukunftstechnologien wie Kernfusion</li> <li>• zu Aufbau und Struktur der Stromversorgungsnetze in den unterschiedlichen Netzbetriebsebenen</li> <li>• zur theoretischen Analyse der Zielparameter in vermaschten Netzen wie Strombelastung und Spannungsfall im ungestörten Zustand sowie zur Strombelastung im Kurzschlussfall</li> <li>• zur Bewertung komplexer Netzkonfigurationen bezüglich der Auswirkung auf die Zuverlässigkeit von Netzanbindungen</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage</p>

- die Prinzipien thermodynamischer Kreisprozesse zu formulieren und zu berechnen
- unterschiedliche Berechnungsverfahren für den ungestörten Netzbetrieb inklusive Netzvereinfachungsverfahren anzuwenden
- Zuverlässigkeitsberechnungen unterschiedlicher Netzanbindungsvarianten durchzuführen

#### Inhalt

In der Lehrveranstaltung Kraftwerkstechnik erwerben die Studierenden detailliertes Wissen über folgende Teilgebiete:

- Energievorräte und elektrischer Energiebedarf, physikalische und organisatorische Struktur der Stromversorgung, Kosten der Stromerzeugung
- Grundlagen der Thermodynamik, Enthalpie, Entropie, Analyse thermodynamischer Prozesse
- Analyse des Dampf-Kraft-Prozesses, Clausius-Rankine-Prozess, Zwischenüberhitzung, regenerative Speisewasservorwärmung, realer Energiefluss
- Aufbau von Dampfkraftwerken mit fossilen Brennstoffen, Feuerung, Rauchgasreinigung, Wärmeabfuhr, Kraft-Wärme-Kopplung
- Kernkraftwerke, Druck- und Siedewasserreaktoren, Kernbrennstoffe, Zukunftsperspektiven
- Gasturbinen, Analyse des offenen und geschlossenen Gasturbinenprozesses, realer Prozess, Gas- und Dampf-Kombiprozesse
- Regenerative Energien, Aufbau und Betrieb von Wasser-, Wind-, und Solarkraftwerken, energetische Analysen, Brennstoffzellenkraftwerke

In der Lehrveranstaltung Netztechnik erwerben die Studierenden detailliertes Wissen über folgende Teilgebiete:

- Transport- und Verteilnetze, Spannungshaltung und Stabilität, Modellbildung, Ersatzkonstanten, Kompensationsanlagen
- Umspannwerke und Schaltanlagen, Bauarten
- Energieverteilungsnetze, Aufgabenstellung für die Netzbetriebsführung, Anforderungen an die Betriebsgrößen sowie deren Berechnung für unverzweigte und verzweigte Leitungen und vermaschte Netze, Betriebsgrößen bei Laststromvorgabe, Stromiteration bei Leistungsvorgabe
- Störungen in Stromversorgungsnetzen, Fehlerarten, Systemerdung, dreipoliger Kurzschluss, unsymmetrische Fehler, Kurzschlussstromberechnung
- Zuverlässigkeit von Stromversorgungsnetzen

#### Literatur

- Oeding, D; Oswald, B.R.; Elektrische Kraftwerke und Netze Springer Verlag
- Strauß, K; Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, regenerativer und nuklearer Energiequellen, Springer Verlag
- Schwab, A: Elektroenergiesysteme. Springer Verlag
- Flosdorff, R; Hilgarth, G: Elektrische Energieversorgung. Teubner Verlag

#### Leistungsnachweis

Schriftliche 90-minütige Prüfung (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30), bestehend aus einer Teilprüfung für die LV a) und einer Teilprüfung für die LVb).

Jede dieser Teilprüfungen muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden werden. Die Leistungen beider Teilprüfungen werden im Verhältnis ihrer ECTS-Punkte gewertet
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung "Electric Mobility and Power"</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Messtechnik und Sensorik	1240

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Electric Mobility & Power- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12401	VÜ	Messtechnik und Sensorik	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse der Messtechnik
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis für die Anforderungen, den Aufbau und die Funktionsweise von Sensoren für nichtelektrische Größen für verschiedene Anwendungsbereiche (Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, intelligente und energieeffiziente Gebäudetechnik, etc.). Die Studierenden verstehen die Details des systemischen Zusammenwirkens von Sensorik und Elektrischer Messtechnik und können Messverfahren und Messsysteme eigenständig analysieren. Die Studierenden sind in der Lage, applikationsabhängige Messprobleme durch Auswahl geeigneter Sensoren zu lösen und anforderungsgerechte Messsysteme auszuwählen bzw. entsprechend zu dimensionieren. Die Studierenden können die zu erwartenden Messunsicherheiten ermitteln und die Grenzen des sinnvollen praktischen Einsatzes von bestimmten Sensoren und Messverfahren abschätzen.
Inhalt
Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit den physikalischen Effekten und dem Aufbau von in der messtechnischen Praxis unerlässlichen Sensoren und gibt zudem einen kurzen Einblick in die sich rasant entwickelnde Welt der „Mikro- und Nanosensorik“. Beispielsweise müssen in der Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, der intelligenten Gebäudetechnik, etc. zahlreiche nichtelektrische Größen wie Temperatur, Wärmemenge, Weg, Winkel, Beschleunigung, Kraft, Druck, Durchfluss, Drehzahl, Geschwindigkeit, Gaszusammensetzung und -konzentration, pH-Wert, etc. erfasst werden. Die in der Lehrveranstaltung ebenfalls behandelte akustische und optische Messtechnik hat zudem einen unmittelbaren Zusammenhang mit dem menschlichen Hören und Sehen. Sensoren liefern elektrische Signale, aus denen dann Messwerte und Messergebnisse

<p>mithilfe von geeigneten Messverfahren bestimmt werden können. Bei der Auswahl des Sensors und der Festlegung der Konzeption des gesamten Mess-Systems für eine bestimmte Anwendung spielen die erzielbare Sensitivität und Selektivität sowie die statischen und dynamischen Eigenschaften eine entscheidende Rolle. In der Lehrveranstaltung werden diese Aspekte in Theorie und Praxis behandelt. Darüber hinaus werden auch Maßnahmen und Ansätze besprochen, die nachteilige Einflüsse wie beispielsweise Temperatur(quer)empfindlichkeiten, Rauschen, Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte reduzieren sowie eine geringe Messunsicherheit garantieren helfen.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Schrüfer, L. Reindl, B. Zagar: Elektrische Messtechnik. Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen, 12. Auflage, Carl Hanser Verlag, 2018.</li> <li>• U. Kiencke, R. Eger: Messtechnik, Systemtheorie für Elektrotechniker, 7. Aufl., Springer, 2008.</li> <li>• M. Möser: Messtechnik der Akustik, Springer, 2010.</li> <li>• J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren, 6. Auflage, Vulkan-Verlag GmbH, 2011.</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mp-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Wintertrimesters.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <p>Pflichtmodul im Studiengang EIT und ME. Wahlpflichtmodul für alle anderen Studiengänge.</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>1 Trimester, immer im WT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Automatisierungstechnik</b>	1241

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Electric Mobility & Power- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12411	VÜ	Automatisierungstechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Mathematische und physikalische Kenntnisse, wie sie in den Bachelor-Studiengängen EIT oder ME vermittelt werden.
- Modul 3406: Grundlagen der Elektrotechnik
- Modul 3419: Regelungstechnik

#### Qualifikationsziele

Themenbereich „Digitale Regelkreise“:

Die Studierenden verstehen, wie Regelungen mit Hilfe moderner Geräte- und Informationstechnologie in Form von digitalen Regelkreisen realisiert werden. Die Studierenden können das dynamische Verhalten zeitdiskreter Systeme auf verschiedene Arten modellieren: Als Eingangs-Ausgangsmodell und als Zustandsraummodell im Zeitbereich sowie als Eingangs-Ausgangsmodell im Frequenzbereich. Die Studierenden verstehen die dynamischen Eigenschaften zeitdiskreter Systeme in Analogie zu zeitkontinuierlichen Systemen. Die Studierenden können ein Regelgesetz, das anhand eines zeitkontinuierlichen Streckenmodells entworfen worden ist, auf einem Microcontroller umsetzen und den Einfluss der Abtastung auf die Regelgüte abschätzen. Die Studierenden sind in der Lage, mit an die Anwendung angepassten Methoden einen digitalen Regelkreis zu entwerfen und sein Verhalten zu analysieren.

Themenbereich „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:

Die Studierenden sind in der Lage, technische Abläufe als ereignisdiskrete Systeme zu interpretieren und geeignet zu modellieren. Die Studierenden verstehen, inwiefern Prozessautomatisierung auf höheren Ebenen die Aufgabe der Steuerung ereignisdiskreter Systeme beinhaltet. Die Studierenden können das dynamische



Verhalten ereignisdiskreter Systeme mittels geeigneter Analysemethoden untersuchen; insbesondere sind sie in der Lage, die Lebendigkeit (d.h. Deadlock-Freiheit) und Sicherheit solcher Systeme nachzuweisen. Die Studierenden beherrschen verschiedene Methoden, um Steuerungen bzw. Regelungen für ereignisdiskrete Systeme, d.h. für Vorgänge, die es zu automatisieren gilt, zu entwerfen.

Themenbereich „Modellbasierte prädiktive Regelung“:

Die Studierenden verstehen das Prinzip der modellbasierten prädiktiven Regelung und können diese Methodik auf lineare, zeitdiskret modellierte Regelstrecken anwenden.

#### Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen der drei Themenbereiche „Digitale Regelkreise“, „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“ und „Modellbasierte prädiktive Regelung“ bekannt gemacht.

Themenbereich „Digitale Regelkreise“:

Die Studierenden erhalten eine Einführung in die gerätetechnische Implementierung von Regelungen in Form von digitalen Regelkreisen. Sie lernen abgetastete Regelstrecken und ihre Modellierung als zeitdiskrete Systeme kennen, sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich. Sie werden mit Eigenschaften zeitdiskreter Systeme wie Stabilität, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit bekannt gemacht. Den Studierenden wird demonstriert, wie ein Regler, der anhand eines zeitkontinuierlichen Modells der Regelstrecke entworfen worden ist, in ein Programm umgesetzt werden kann, das auf einem Mikrocontroller abläuft. Sie erlernen ein Methodenspektrum, um digitale Regelungen auf Basis eines zeitdiskreten Streckenmodells zu entwerfen.

Themenbereich „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:

Die Studierenden werden mit der Modellierung von technischen Prozessen (in Rechanlagen, Fertigungsanlagen etc.) und Transportvorgängen in Form von ereignisdiskreten Systemen bekannt gemacht. Ihnen wird demonstriert, wie die Automatisierung von Fertigungsprozessen, Gebäuden, Fahrzeugen etc. so umformuliert werden kann, dass daraus die Aufgabe entsteht, durch Steuerungsmechanismen geeignete Ereignisfolgen herbeizuführen. Die Studierenden erlernen die Fähigkeit, Prozesse, die automatisiert werden sollen, mit Hilfe von deterministischen Automaten und Petrinetzen zu modellieren. Sie lernen Werkzeuge für die Analyse des Verhaltens ereignisdiskreter Systeme kennen, vor allem im Hinblick auf Lebendigkeit (d.h. die Vermeidung von deadlocks) und Sicherheit. Sie erhalten eine Einführung in den Entwurf von Steuerungen ereignisdiskreter Systeme auf Basis von Automaten- und Petrinetz-Modellen.

Themenbereich „Modellbasierte prädiktive Regelung“:

Die Studierenden lernen das Prinzip der modellbasierten prädiktiven Regelung sowie die Anwendung dieser Methodik auf lineare Regelstrecken kennen.

#### Literatur

- J. Lunze: Automatisierungstechnik, Oldenbourg Verlag, 2008

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer Verlag, 2008</li><li>• M. Horn, N. Dourdoumas: Regelungstechnik, Pearson Studium Verlag, 2004</li><li>• A. Kugi: Skript zur Vorlesung "Automatisierung", <a href="http://www.acin.tuwien.ac.at/file/teaching/bachelor/automatisierung/Gesamtskriptum.pdf">www.acin.tuwien.ac.at/file/teaching/bachelor/automatisierung/Gesamtskriptum.pdf</a></li></ul> |
|--|

<b>Leistungsnachweis</b>
--------------------------

Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 30 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben.)
--

<b>Verwendbarkeit</b>
-----------------------

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul für EIT M.Sc., Vertiefung „Electric Mobility and Power“</li><li>• Pflichtmodul für ME M.Sc., Vertiefung „Mechatronik“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul> |
|---|

<b>Dauer und Häufigkeit</b>
-----------------------------

1 Trimester, in jedem WT
--------------------------

Modulname	Modulnummer
<b>Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik</b>	1242

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Electric Mobility & Power- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
240	96	144	8

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12421	VÜ	Antriebsregelung und Aktorik I	Pflicht	2
12422	VÜ	Antriebsregelung und Aktorik II	Pflicht	4
12423	VÜ	EMV in der Energietechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>8</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. im Modul „Elektrische Maschinen und Antriebe für Electric Mobility“ vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen die Grundbegriffe von elektromechanisch gekoppelten Systemen. Sie können elektrischen Maschinen in unterschiedlichen Koordinatensystemen mathematisch beschreiben. Die Studierenden verfügen außerdem über Kenntnisse des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen (Schnellhochlauf, Laststoß, Stoßkurzschluss) und lernen unterschiedliche Regelungskonzepte für elektrische Antriebe (Kaskadenregelung, feldorientierte Regelung) kennen. Ergänzende Kenntnisse zu leistungselektronischen Stellgliedern und Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) bei elektrischen und elektronischen Systemen runden die Vorlesung ab.
Inhalt
Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik I“  Zu Beginn dieser Veranstaltung wiederholen die Studierenden physikalische Grundlagen, die für das Verständnis von Antriebsregelungen notwendig sind:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamisches Grundgesetz und Bewegungsgleichungen</li> <li>• Stabilität</li> <li>• Massenträgheitsmomente</li> <li>• Einfache Getriebe</li> </ul>

- Leistung und Energie bei Drehbewegungen
- Langsame Drehzahländerungen
- Wärmemengen beim Anfahren und Bremsen

Für ein besseres Verständnis der zu vermittelnden Inhalte wird zunächst das dynamische Verhalten von Gleichstrommaschinen näher analysiert:

- Gleichungssystem für den dynamischen Betrieb (Zeitkonstanten, Strukturbild) fremderregte Gleichstrommaschine (allgemeine Struktur, Führungsverhalten, Störverhalten, aperiodischer Grenzfall)
- Gleichstromnebenschlussmaschine (dynamischer Hochlauf)
- Kaskadenregelung einer Gleichstrommaschine (PI-Regler, Blockschaltbild und Übertragungsfunktion)
- Drehzahlregelkreis und Stromregelkreis
- Dynamischer Hochlauf und Reversieren

Anschließend werden die Studierenden mit dem Begriff der Raumzeigertheorie für Drehfeldmaschinen bekannt gemacht:

- Voraussetzungen
- Umwandlung einer dreisträngigen in eine zweisträngige Maschine
- Umwandlung eines zweisträngigen Systems auf ein beliebig rotierendes Koordinatensystem
- Transformationsmatrizen
- Flussverkettungen, Spannungsgleichungen und Drehmoment im beliebig rotierenden System

Die Methoden der Raumzeigertheorie werden nun auf das dynamische Verhalten der Asynchronmaschine angewendet:

- Gleichungssystem
- Schneller Hochlauf und Laststoß
- Vergleich von dynamischer und stationärer Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie
- Feldorientiertes Koordinatensystem für die Asynchronmaschine
- Strukturbild der Asynchronmaschine in feldorientierten Koordinaten
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingprägten Statorströmen
- Flussmodell
- Strukturbild der Regelung
- Dynamischer Hochlauf der Asynchronmaschine
- Vergleich mit dem dynamischen Hochlauf am starren Netz
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingprägten Statorspannungen
- Entkopplungsnetzwerk
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine ohne mechanischen Sensor

Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik II“:

Im direkten Anschluss an den ersten Teil der Vorlesung transferieren die Studierenden ihr erworbenes Wissen über Raumzeiger und Maschinendynamik von Asynchronmaschinen auf das dynamische Verhalten der Synchronmaschine:

- Beschreibung des stationären Betriebs der Vollpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie
- Stoßkurzschluss der Vollpolmaschine
- Gleichungssystem
- Grenzwertbetrachtungen für Ströme und Drehmoment
- Zeitkonstanten
- Zeitfunktionen bei Schalten im Spannungsmaximum und im Spannungsnulldurchgang
- Physikalische Erklärung des Stoßkurzschlusses
- Beschreibung des stationären Betriebs der Schenkelpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie
- Bestimmung von Längs- und Quersfeldreaktanzen
- Stoßkurzschluss der Schenkelpolmaschine (analytische und numerische Lösung)
- Transienter Betrieb der Schenkelpolmaschine

Anschließend wird ein technisch besonders relevanter Spezialfall der Synchronmaschine – der permanenterrregte Synchronmotor mit Polradlagegeber – näher herausgehoben und untersucht:

- Wirkungsweise
- Dynamisches Gleichungssystem
- Stationäres Betriebsverhalten
- Betriebsarten

Ein kurzer Ausblick zu leistungselektronischen Stellgliedern für Gleichstrommaschinen, Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen rundet die zuvor behandelten Themen ab.

Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:

Im dritten Teil der Vorlesung werden die Studierenden mit Fragestellungen zur „elektromagnetischen Verträglichkeit“ (EMV) mit speziellem Fokus auf die Energietechnik vertraut gemacht:

- Niederfrequente, leitungsgeführte Störungen
- Entstehung von Störsignalen, Oberschwingungen und Zwischenharmonischen
- Messung und Bewertung von Netzzrückwirkungen
- Entwurfskriterien von Netzfiltern
- Untersuchung spezieller Schaltungen

#### Literatur

Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik I“:

- D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010
- G. Pfaff: „Regelung elektrischer Antriebe I und II“, Oldenbourg Verlag, München, 1994

<p>Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik II“:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010</li><li>• D. Schröder: „Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen“, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2009</li></ul> <p>Literatur zu Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• W. Zeng: Vorlesungsskript „EMV in der Energietechnik“, UniBw München, EAA, 2011</li><li>• A.J. Schwab, W. Kürner: „Elektromagnetische Verträglichkeit“, 6.Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2011</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Gesamtmodul: sP-130 oder mP-40</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Anteil ARA (I+II): sP-90 oder mP-25</li><li>• Anteil EMV: sP-40 oder mP-15</li></ul> <p>Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Für die Modulnote werden die Leistungen der Lehrveranstaltungen ARA (I+II) und EMV im Verhältnis 3:1 gewertet.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
3 Semester, in jedem Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Kommunikationstechnik II	1244

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile & Space Communication - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12441	VÜ	Kommunikationstechnik II	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Mathematische Kenntnisse, wie sie in den drei ersten Trimestern der Bachelor-Studiengänge EIT oder ME vermittelt werden
- Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme
- Modul 1083: Kommunikationstechnik
- Modul 6050: Signalverarbeitung

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen die Grundlagen moderner Übertragungsverfahren, wie sie beispielsweise in der Funkkommunikation und der Kommunikation über Glasfasern eingesetzt sind, und kennen die zugehörigen Begriffe, Kenngrößen und Eigenschaften. Sie können Verfahren analysieren, bewerten und auch konzipieren und die entsprechenden Parameter bestimmen. Sie sind in der Lage komplexere Systeme aus Systemkomponenten und der Kenntnis von deren Eigenschaften zu entwerfen.

#### Inhalt

Die Studierenden erlernen die Beschreibung einer trägermodulierten digitalen Signalübertragung im äquivalenten Tiefpassbereich. Sie lernen lineare digitale Modulationsverfahren (QAM, PSK, OFDM, SC-FDE), Signalkonstellationen und Augenmuster, Symbol- und Bitfehlerwahrscheinlichkeiten, das Guardintervall und das zyklische Präfix bei OFDM, die Entzerrung bei OFDM und SC-FDE, Bandspreizverfahren (Direct-Sequence, CDMA) und die trainingsbasierte Synchronisation kennen. Sie lernen die zugehörigen Eigenschaften und Berechnungsmethoden kennen und lernen anhand von Beispielen entsprechende Parameter zur Analyse und Bewertung zu bestimmen. Die Studierenden lernen informationstheoretische Grenzen kennen und lernen wie diese mit der Anwendung von Codierverfahren immer besser erreicht werden können. Sie erhalten eine Einführung in die Kanalcodierung (Fehlererkennung und Fehlerkorrektur, FEC-Klassifikation in Blockcodes und Faltungscodes, lineare

zyklische binäre Blockcodes, Codierung, einfache syndrombasierte Fehlererkennung und Fehlerkorrektur, Restfehlerwahrscheinlichkeit, Galoisfeld $GF(2)$ ). Sie erlernen die Konstruktion von Erweiterungskörpern und die Anwendung dieser Erweiterungskörper am Beispiel von BCH-Codes und die Decodierung dieser Codes mit dem Euklid'schen Algorithmus. Anhand von Beispielen werden diese Verfahren angewandt und die Studierenden lernen die Eigenschaften von algebraischen Codes und die Bestimmung von Kenngrößen kennen.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kammeyer/Dekorsy, Nachrichtenübertragung, Springer Vieweg</li><li>• Proakis/Salehi, Digital Communications, IRWIN Verlag</li><li>• Benvenuto/Cherubini, Algorithms for Communication Systems and their Applications, Wiley</li><li>• Proakis/Salehi/Bauch, Contemporary Communication Systems using MATLAB, CENGAGE Learning</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT



Modulname	Modulnummer
Signalverarbeitung	6050

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile & Space Communication - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60501	VÜ	Signalverarbeitung	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie, der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse und der höheren Mathematik.

Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie wenden diese Signaleigenschaften eigenständig auf praktische Probleme an. Hierzu verfügen sie über einen sicheren Umgang mit Schlüsseltechniken der digitalen Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich. Die Studierenden differenzieren ferner die Prinzipien der statistischen Signalklassifikation.

Inhalt

Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung spezifisch mit digitalen Signalen deterministischer und stochastischer Natur (Zufallssignalen) vertraut gemacht. Sie setzen sich im ersten Schritt mit der Darstellung von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen im Zeit- und Frequenzbereich als Fourier-Reihe, Fourier-Transformation, Laplace-Transformation, Z-Transformation und zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) auseinander. Dazu verdeutlichen sich die Studierenden erneut das Verfahren der Signalabtastung und dessen Effekte. Als wichtigstes Ergebnis dieses Abschnitts zu den Signaltransformationen erlernen die Studierenden das Werkzeug der diskreten Fourier-Transformation (DFT) und grenzen dieses zu anderen Verfahren ab. Dabei machen sie sich mit allen Effekten der DFT vertraut, insbesondere der Zusammenhänge von Zeit- und Frequenzauflösung, Aliasing und Leakage-Effekt. Spezifische Größen für Zufallssignale und Zufallsvariablen sowie allgemeine stochastische Prozesse, insbesondere die Autokorrelation, Kreuzkorrelation und das Leistungsdichtespektrum, vervollständigen das Bild basierend auf den Wiener'schen Theorien. Darauf aufbauend wird die Spektralschätzung und Spektralanalyse eingeführt. So erwerben die

<p>Studierenden fundierte Kenntnis über die Spektralanalyse und Spektralschätzung von deterministischen Signalen und Zufallssignalen, wobei traditionelle, nicht-parametrische sowie parametrische Spektralschätzverfahren vermittelt werden. Zur Abrundung erlernen die Studierenden die Grundlagen der Parameterschätzung mithilfe von Statistiken höherer Ordnung (Higher-Order Statistics, HOS) und bestimmen die Schätzgüte anhand der wesentlichen Parameter Erwartungstreue und Schätzvarianz. Mithilfe der Cramer-Rao-Bound erlernen sie ferner, die Schätzgüte absolut sowie im Vergleich mit anderen Schätzverfahren zu beurteilen.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022</li><li>• Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC</li><li>• Pflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul CYB (M.Sc.), Vertiefungsfeld Security Intelligence</li><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.) mit Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>1 Trimester, in jedem WT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen</b>	6051

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile & Space Communication - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12451	VÜ	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Pflicht	3
60511	P	Praktikum: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications“, „Funktechnik und mobile Kommunikation“, „Elektromagnetische Felder“ und „Elektrische Leitungen und Wellen“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein detailliertes Verständnis des Aufbaus von mobilen Funksystemen, Systemen der Funkortung und der Radartechnik. Sie sind in der Lage, Übertragungssysteme aufgrund von Gleichungen hinsichtlich ihrer Gesamtsystemparameter zu analysieren und bewerten. Die Studierenden kennen den Aufbau von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen und sind in der Lage, diese zu analysieren. Die Studierenden haben vertiefende Kenntnisse der physikalischen Übertragungsebene, der Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung, von Übertragungsleitungen sowie Mehrantennensystemen. Die Studierenden haben vertiefende Kenntnisse von Antennen und Mehrantennensystemen und können diese selbständig analysieren und vergleichen.
Inhalt
Lehrveranstaltung 1: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik:  In diesem Modul erhalten die Studierenden eine vertiefende Einführung in moderne Übertragungssysteme: Mobile und fest installierte Funknetze für die

<p>Anwendungen Mobilkommunikation, Funkortung und Radar sowie kabelgebundene Übertragungssysteme. Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Verständnis wichtiger Komponenten wie z. B. Verstärker, Mischer, Oszillatoren. Die Studierenden werden mit Mehrwege-Wellenausbreitung im Reflexionsszenario bekannt gemacht. Die Studierenden erhalten eine vertiefende Einführung in Antennen für Funkverkehr, Funkortung und Radar, adaptive Antennengruppen und Frontendarchitekturen für Richtfunksysteme mit adaptiver Strahlformung sowie intelligente Antennensysteme und lernen, wichtige Eigenschaften dieser zu berechnen. Ein Verständnis der Grundlagen von Antennendiversity-Verfahren zur Empfangsverbesserung bei Mehrwege-Wellenausbreitung sowie von Antennen und Frontendaufbau von Single Input Multiple Output (SIMO) und Multiple Input Multiple Output (MIMO)-Übertragungsstrecken wird vermittelt. Ein Überblick über Frontend-Architekturen sowie Sender und Empfänger-Architekturen ermöglicht den Studierenden die Beurteilung realer Übertragungssysteme.</p> <p>Lehrveranstaltung 2: Praktikum Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik</p> <p>Dieses Praktikum bietet einen Einblick in Aufbau und Funktion moderner Funkübertragungstechnik. Anhand von ausgewählten Versuchen werden exemplarisch typische Baugruppen der Funktechnik mit Hilfe moderner Mess- und Simulationstechnik analysiert und optimiert, wie z. B. Verstärker, Bandfilter, Antennen, ... Hierdurch erhalten die Studierenden die Fähigkeit, in den Vorlesungen erworbenes Wissen selbständig anzuwenden und die Ergebnisse zu analysieren.</p>
<b>Literatur</b>
Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986,
<b>Leistungsnachweis</b>
Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik: Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 min Dauer (mP-25) am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.
Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins (TS) notwendig.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme</b>	6052

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile & Space Communication - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12471	VÜ	Grundlagen der Halbleitertechnologie	Pflicht	3
12472	VÜ	Mikrosystemtechnik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik und Mathematik aus dem Bachelor-Studiengang
Qualifikationsziele
Die Studierenden erhalten einen Überblick zu den technologischen Verfahren zur Herstellung hochintegrierter Halbleiterchips und Sensorik-Chips der Mikrosystemtechnik. In Übungen lernen die Studierenden Berechnungen zu Prozeßparametern und Prozeßführungen sowie das Parameterdesign von Halbleitersensoren aufgrund physikalischer, chemischer oder biologischer Grundlagen. Im Vergleich mit Datenblättern kann die Leistungsfähigkeit von Mikrochips beurteilt werden.
Inhalt
Mikro-Chips (Integrierte Schaltkreise, ICs) bestimmen heute die Leistungsfähigkeit nahezu aller elektronischen Geräte. Hierbei können die Mikro-Chips entsprechend der geplanten Aufgaben spezielle Funktionen realisieren, wobei in der Kommunikations- und Informationstechnologie vorrangig ICs mit hohen Rechenleistungen oder Speicherkapazitäten notwendig sind. Zur kontinuierlichen Steigerung der Leistungsfähigkeit und auch aus ökonomischen Gründen werden dabei durch ständige Technologieverbesserungen die geometrischen Abmessungen der einzelnen Halbleiterbauteile kontinuierlich verkleinert, diese Entwicklung wird durch das sogenannte „Moore'sche Gesetz" beschrieben. Die hierzu notwendigen, hochkomplexen, hochreproduzierbaren Technologien mit Nanometer-Präzision können in der Regel nur von wenigen großen Halbleiterfirmen bereit gestellt werden. Kleinere Unternehmen und Forschungsinstitute beliefern den Markt hingegen mit neuen, flexiblen Technologien und „maßgeschneiderten" Mikrochips, welche unterschiedlichste und komplexe Aufgaben erfüllen können (das sogenannte „More than Moore"). Die hierzu notwendigen

technologischen Verfahren basieren zwar auf den Entwicklungen der Großindustrie, stellen jedoch in vielen Details innovative Weiterentwicklungen zur Realisierung funktioneller Komponenten dar, wobei die notwendigen lateralen Abmessungen deutlich entspannter im Mikrometer- oder sogar im Millimeterbereich liegen können. Solche Mikrosysteme bilden auf einem Chip aus verschiedenen Einzelkomponenten ein System, das über Sensorik Informationen aus der Umwelt gewinnt, diese mittels Elektronik verarbeitet, Signale und Daten kommuniziert und aktive Rückmeldung an die Umgebung leisten kann. Die hierzu notwendigen technologischen Prozesse stellen höchste Ansprüche an die Entwicklerteams, die sich auf den Gebieten Mikrosystem- und Nanotechnik, Optik, Fluidik, Biologie, Medizin, Elektronik und kabelloser Kommunikationstechnik bewegen müssen.

Im Teil 1 des Moduls (Technologie der Halbleiter) werden die jeweils aktuellen Herstellungsverfahren, deren mögliche technologische Weiterentwicklungen sowie deren prognostizierte Grenzen, behandelt. Der Schwerpunkt liegt auf der Diskussion der physikalisch-chemischen Grundlagen der Materialien und Prozesse zur Realisierung hochintegrierter Mikro-Chips.

Im Teil 2 des Moduls (Mikrosystemtechnik) werden in Erweiterung von Teil 1 die Technologien zur Herstellung von Mikrosystemen behandelt. Schwerpunkt sind die Grundlagen unterschiedlicher Halbleitersensoren, deren mikrotechnische Herstellung, die elektronische Signalgewinnung, die Weiterverarbeitung des Signals durch weitere integrierte Komponenten, die Diskussion von Datenblättern.

Detaillierte Inhalte Teil 1: Geschichte und Märkte der Halbleiterindustrie; Halbleiterphysik: Kristalle, Defekte, Bandstrukturen, Ladungsträger; Herstellung von Siliziumwafern; Reinraumtechnik; Schichtabscheidung (Halbleiter, Isolatoren, Metalle) und Verfahren (Chemical Vapor Deposition, Sputtern), Schichtmodifikation (Dotieren, Implantation), Strukturierung: Lithographie (Deep-UV, EUV) und Geräte, Sub-Wellenlängenverfahren (Phasenschiebermasken, Optical Proximity); Spezialstrukturen (Planarisierung, trench-isolation, Damascene-Metallisierung); Schichtabtragung (Naß- und Trockenätzen, CMP); Gesamtprozesse (Logik, DRAM), Analytik und Prozeßüberwachung, Packaging, Trends und Perspektiven.

Detaillierte Inhalte Teil 2: Materialgrundlagen; Technologie: Silizium, Sonderprozesse für Mikrosysteme, Aufbau- und Verbindungstechnik; Kraftsensoren für Druck, Beschleunigung, Elastizitätstheorie, piezoresistive, piezoelektrische und kapazitive Sensoren; Kontakttemperatursensoren: Thermioden und Thermotransistoren; Strahlungssensoren: Bolometer, Quantensensoren (CCDs), Teilchendetektoren; Magnetfeldsensoren: Hall-Sensoren, Feldplatten, AMR-Sensoren; Feuchtesensoren; Chemosensoren: ChemFETs, Pellistoren; Biosensoren: Enzym-Sensoren, DNS-Sensoren, Immuno-Sensoren, Biomedizinische Sensoren, Sensorimplantate; Smart-Sensors, Sensorsysteme

#### Literatur

- D.Widmann, H.Mader, H. Friedrich: Technologie hochintegrierter Schaltungen; Springer, Berlin (1996),
- J.D.Plummer, M.D.Deal, P.B.Griffin: Silicon VLSI Technology, Prentice Hall, 2000
- A. Heuberger: "Mikrosystemtechnik", Springer Verlag,

<ul style="list-style-type: none"><li>• W.Heywang; Sensorik, Springer Verlag, 1993</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Leistungsnachweis: Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min am Ende des zweiten Trimesters (sP-90 oder mP-30). Die genaue Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Kanalcodierung	6053

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile & Space Communication - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60531	VÜ	Kanalcodierung	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der höheren Mathematik, der Signal- und Systemtheorie, wie sie in der Vorlesung „Signale und Kommunikationssysteme“ (BA Modul „Kommunikationstechnik“) erlernt werden sowie Kenntnisse von Kommunikationssystemgrundlagen, wie sie in der Vorlesung „Kommunikationssysteme I“ (BA Modul „Kommunikationstechnik“) erlernt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen in dieser Lehrveranstaltung die Grundlagen der Informationstheorie und darauf aufbauend die wichtigsten Methoden und Verfahren der Vorwärtsfehlerkorrektur und Kanalcodierung. Sie vertiefen dabei ihre Kenntnisse von spezifischen Codierungsverfahren und der Decodierung. Ferner erlernen Sie Werkzeuge und Kenngrößen zur analytischen Untersuchung von Codierungsverfahren und deren vergleichender Bewertung.
Inhalt
Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Informationstheorie als Voraussetzung für den Entwurf von Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren. Sie erhalten abschließend ein fundiertes Verständnis des Kanalcodierungstheorems, der Kanalkapazität verschiedener Übertragungskanäle und des Prinzips der Kanalcodierung. Die Studierenden werden mit Methoden zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit von Codes vertraut gemacht; sie berechnen eigenständig Distanzeigenschaften wie die Hamming-Distanz sowie weitere theoretische Grenzen (Bounds). Sie erlernen das Prinzip der Maximum-Likelihood (ML) und Maximum-A-Posteriori (MAP) Decodierung, der Soft-in soft-out Decodierung und reflektieren diese am Beispiel der wichtigsten Codeklassen. Hierzu gehören lineare Blockcodes, Low-Density Parity Check Codes und Faltungscodes. In Bezug auf die Blockcodes setzen sie sich analytisch und simulativ mit der Fehlerwahrscheinlichkeit auseinander. Die Studierenden vergleichen Low Density Parity Check (LDPC) Codes



<p>und erlernen deren Konstruktion und Bewertung anhand von Tanner Graphen. Für die Decodierung von LDPC Codes konzentrieren sie sich auf Message Passing Decodierung. Faltungscodes verstehen die Studierenden anhand von Zustandsautomaten; die Decodierung von Faltungscodes führen sie mit Trellis-Graphen und dem Viterbi-Decodierverfahren aus. Schließlich erlernen die Studierenden den Nutzen der Codeverkettung und deren iterativer Decodierung, einschließlich der Grundlagen der Turbo-Codes. Zur Decodierung von Turbo-Codes konzentrieren sich die Studierenden auf die MAP Decodierung mit dem BCJR Algorithmus.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bossert, M.: Channel Coding for Telecommunications. Wiley.</li><li>• Friedrichs, B.: Kanalcodierung. Springer</li><li>• Lin, S., Costello, D.: Error Control Coding. Prentice Hall.</li><li>• Johnson, S.: Iterative Error Correction. Cambridge.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC</li><li>• Pflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul CYB (M.Sc.), Vertiefungsfeld Security Intelligence</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>1 Trimester, in jedem HT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Bildverarbeitung</b>	6054

Konto	Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile & Space Communication - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12521	VL	Digitale Bildverarbeitung	Pflicht	4
12522	UE	Digitale Bildverarbeitung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse in MATLAB.
Qualifikationsziele
Die Studierenden sind in der Lage, das Gebiet der „digitalen Bildverarbeitung“ von anderen Gebieten mit Bezug zu Bilddaten (wie etwa der Computergraphik, Computeranimation, Informationsvisualisierung, etc.) abzugrenzen und haben einen Überblick über wichtige bildgebende Systeme aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen (Industrie, Medizin, etc.). Die Studierenden haben Detailkenntnisse über Methoden der digitalen Bildbe- und verarbeitung und kennen die erforderlichen mathematischen Grundlagen. Die Studierenden können in der Praxis vorkommende praktische Problemstellungen der Bildverarbeitung eigenständig analysieren und zielgerichtete Lösungen mit Hilfe von standardmäßig verfügbaren oder eigenständig modifizierten Methoden erarbeiten.
Inhalt
Bildgebende Mess-, Prüf- und Diagnoseverfahren sind heute bei einer Vielzahl von Anwendungen beispielsweise in Wissenschaft, Industrie und Medizin unverzichtbar, wobei die Entwicklung empfindlicher und hochauflösender Bildsensoren stetig voranschreitet. Die Entwicklung, Implementierung und der praktische Einsatz bildgebender Verfahren sind ohne computergestützte (digitale) Verarbeitung undenkbar. Somit basieren die Visualisierung, Be- und Verarbeitung, Archivierung, Kompression und (Fern-)Übertragung von Bilddaten fast ausschließlich auf digitalen Verfahren. In der Lehrveranstaltung werden in Erweiterung der herkömmlichen eindimensionalen (1D) Signalverarbeitung von zeitabhängigen Signalen in erster Linie zweidimensionale (2D) Signale (=Bilder) betrachtet. Aufbauend auf einer kurzen Behandlung des menschlichen

Sehsystems sowie verschiedener bildgebender Modalitäten (z.B. Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Ultraschallbildgebung, PET, SPECT, Bodyscanner, Kameras) werden herkömmliche Methoden der digitalen Bildverarbeitung in Theorie und Praxis betrachtet.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• R.C. Gonzalez, R.E. Woods: Digital Image Processing, 4th edition, Pearson, 2017.</li><li>• R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins: Digital Image Processing Using MATLAB®, 2nd ed, Gatesmark Publishing, 2010.</li><li>• B. Jähne: Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung, 7. Auflage, Springer-Verlag, 2013.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mp-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Wintertrimesters.
<b>Verwendbarkeit</b>
Pflichtmodul im Studiengang EIT und ME. Wahlpflichtmodul für alle anderen Studiengänge.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
2 Trimester, in jedem Studienjahr

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Elektrische Antriebe</b>	1226

Konto	Überkonto Wahlpflichtmodule der Vertiefungsrichtung: Electric Mobility & Power Spezialisierung- EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12261	P	Praktikum Elektrische Antriebe	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen oder dem Modul „Praktikum: Elektrische Maschinen“ aus dem M.Sc.-Studiengang vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden vertiefen die theoretischen Grundlagen aus den Vorlesungen und werden in die Lage versetzt, diese praktisch anzuwenden. Sie erlangen Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an elektrischen Antrieben und bekommen einen Einblick in die Ingenieurpraxis.
Inhalt
Die Studierenden führen messtechnische Untersuchungen des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen durch. Folgende Antriebssysteme werden hierbei behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromrichtergesteuerte Antriebe</li> <li>• Gleichstromantrieb mit Umkehrstromrichter</li> <li>• Stromrichtermotor</li> <li>• Untersynchrone Kaskadenschaltungen</li> <li>• Drehstrommotor mit Zwischenkreisumrichter</li> <li>• Elektrische Servoantriebe</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Elektrische Maschinen und Antriebe“, UniBw München, EAA, 2010</li> </ul>

- D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010
- G. Pfaff: „Regelung elektrischer Antriebe I und II“, Oldenbourg Verlag, München, 1994

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 45-120 min Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15-40 min Dauer (mP-15-40) , kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmeschein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

**Verwendbarkeit**

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Elektrische Maschinen</b>	1227

Konto	Überkonto Wahlpflichtmodule der Vertiefungsrichtung: Electric Mobility & Power Spezialisierung- EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12271	P	Praktikum Elektrische Maschinen	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden vertiefen die theoretischen Grundlagen aus den Vorlesungen und werden in die Lage versetzt, diese praktisch anzuwenden. Sie erlangen Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an elektrischen Maschinen und bekommen einen Einblick in die Ingenieurpraxis.
Inhalt
In diesem Modul werden die Studierenden mit den wichtigsten praktischen Versuchen und Messungen an elektrischen Maschinen vertraut gemacht: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie führen messtechnische Untersuchungen an den Grundtypen von elektrischen Maschinen durch</li> <li>• Die Studierenden lernen, wie man Parameter von elektrischen Maschinen bestimmt</li> <li>• Sie nehmen verschiedene Feldmessungen vor, wie z.B. Leerlauf-, Kurzschluss-, und Belastungsmessungen</li> <li>• Typische Betriebskennlinien werden aufgenommen</li> <li>• Die Studierenden analysieren unsymmetrische Schaltungen</li> <li>• Zum Abschluss werden Sondermaschinen demonstriert</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Elektrische Maschinen und Antriebe“, UniBw München, EAA, 2010</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• G. Müller, B. Ponick: „Grundlagen elektrischer Maschinen“, 9.Auflage, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2006</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 45-120 min Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15-40 min Dauer (mP-15-40), kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmechein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Regelungstechnik</b>	1280

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12801	P	Praktikum: Regelungstechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Mathematische und physikalische Kenntnisse, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.
- Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME) erworben werden.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die Konzepte dynamischer Systeme und der Regelungstechnik durch den Bezug zur Anwendung in einer vertieften Weise. Sie können diese Konzepte und Herangehensweisen auf konkrete ingenieurwissenschaftliche Anwendungen und Fragestellungen anwenden. Die Studierenden verstehen, auf welche Weise entworfene Regler in realen Systemen implementiert werden. Sie sind mit der Struktur handelsüblicher Standardregler und Echtzeitsysteme vertraut und können Regler für einfache Anwendungsprobleme entwerfen und die zugehörigen Regelkreise aufbauen.

#### Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit der praktischen Umsetzung von Konzepten der Regelungstechnik in Anwendungsaufgaben bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die selbstständige praktische Umsetzung verschiedener Regelungsaufgaben z.B. mittels elektronischer Schaltungen oder handelsüblicher Regler. Sie erlernen die Fähigkeiten zur Analyse von sehr unterschiedlichen Regelstrecken und zum Umgang mit diesen, wie z.B. einem Gleichstrommotor und einer Füllstandsregelung. Sie erhalten eine Einführung in die computergestützte Simulation einer Regelstrecke und in den Entwurf von Reglern für reale Strecken. Die Studierenden erlernen den Entwurf von Reglern für verschiedene regelungstechnische Aufgaben, insbesondere



für die Stabilisierung von Betriebspunkten, die Unterdrückung von Störungen und die Folgeregelung.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• J. Lunze: "Regelungstechnik, Band 1 + 2", Springer Verlag, 2008,</li><li>• H. Unbehauen: "Regelungstechnik, Band 1 + 2", Vieweg Verlag, 2002.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Note des Praktikums besteht zur Hälfte aus der Bewertung der Versuchsvorbereitung und zur Hälfte aus einem Fachgespräch über alle Versuche, das am Ende des Praktikums stattfindet. Die Versuchsausarbeitung trägt nicht zur Note bei, ist aber für die Zulassung zum Fachgespräch erforderlich.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Vertiefungsrichtungen sowie im Studiengang ME M.Sc. für die Vertiefungsrichtungen „Mechatronik“ (MECH), „Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme“ (LRT) sowie „Modellierung und Simulation im Bauwesen“ (BAU).
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Studienjahr

Modulname	Modulnummer
<b>Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik</b>	1282

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12821	SE	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse im jeweils zu bearbeitenden Themengebiet.

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen.
- Die Studierenden sind in der Lage, (mess-)technische Problemstellungen zu analysieren und mithilfe von ingenieurwissenschaftlichem Denken und Handeln zielgerichtet zu lösen.
- Die Studierenden haben vertiefte theoretische und praktische Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet und besitzen verbesserte Fertigkeiten im Umgang mit problemorientierten Bearbeitungstools (eingesetzte Geräte, Software, etc.).

#### Inhalt

Das Oberseminar vertieft praxisnah das Verständnis für verschiedene Themengebiete der Sensorik und Messtechnik aus allen Anwendungsbereichen von beispielsweise der Automobil- und Luftfahrttechnik über klimarelevante Fragestellungen bis hin zur Medizintechnik. Die Behandlung von vorgegebenen oder durch die Studierenden selbst vorgeschlagenen Themen ist auf theoretischer oder simulationstechnischer Basis ebenso möglich wie der Bau von Prototypen. Die Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars vorgetragen und zur Diskussion gestellt. Die auf diese Weise erworbenen Fähigkeiten können auch im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten (Masterarbeit) nutzbringend eingesetzt werden.

<b>Literatur</b>
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Benotung erfolgt anhand der erarbeiteten Lösungen und der studentischen Präsentation. Die Mitarbeit und Involvierung bei den Fachdiskussionen im Rahmen des Oberseminars fließen ebenfalls in die Benotung ein.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul in den Studiengängen EIT, ME und INF.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Leistungselektronik</b>	1359

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13591	P	Praktikum: Leistungselektronik	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in leistungselektronischen Schaltungen, wie sie z.B. in einem der Module "Leistungselektronik", "Elektronik für Stromversorgungen" oder "Elektronik für Fahrzeugantriebe" aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung und Anwendung der erworbenen theoretischen Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen</li> <li>• Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an leistungselektronischen Systemen</li> <li>• Einblick in die Ingenieurpraxis</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Grundschaltungen der Leistungselektronik, sowie der Charakterisierung der wichtigsten Bauelemente der Leistungselektronik</li> <li>• Einblick in die wesentlichen Entwicklungs- und Testwerkzeuge für leistungselektronische Schaltungen</li> <li>• Messtechnische Untersuchungen des dynamischen Betriebsverhaltens leistungselektronischer Schaltungen</li> <li>• Steuerung und Regelung von Gleichspannungswandlern und Wechselrichtern</li> <li>• Selbstständige Entwicklung einer elektronischen Schaltung inklusive Layout und Funktionstest</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joachim Specovius, "Grundkurs Leistungselektronik", Vieweg Praxiswissen Verlag, Wiesbaden, 2008</li> <li>• Ulrich Schlienz, "Schaltnetzteile und ihre Peripherie", Vieweg Praxiswissen Verlag, Wiesbaden. 2007</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 45 Minuten Dauer (sP-45) oder mündliche Prüfung von 15 Minuten Dauer (mP-15), kombinierbar mit (NoS oder TS) oder NoS. Die genaue Art der Prüfung und der Zeitpunkt der Prüfung werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT (M.Sc.)
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Laborpraktikum I	1461

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150			5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb praktischer Fähigkeiten im Laborbetrieb.</li> <li>• Erwerb von Kenntnissen zur Auslegung von elektrischen Systemen und Anlagen.</li> <li>• Erlernen des Umgangs mit Messsystemen und Auswerteargorithmen.</li> <li>• Erwerb der Fähigkeit zur Analyse experimentell gewonnener Daten.</li> </ul>
Inhalt
<p>Kennenlernen realer Laborarbeit im Bereich Forschung und Entwicklung.</p> <p>Die Inhalte von „Modul 1461 Laborpraktikum I“ und „Modul 1462 Laborpraktikum II“ müssen sich thematisch signifikant unterscheiden.</p>
Leistungsnachweis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahmechein (TS)</li> <li>• Über die Dauer der Tätigkeit ist ein Berichtsheft zu führen, das vom jeweiligen Betreuer abgezeichnet wird.</li> </ul>
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Laborpraktikum II	1462

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	5

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150			5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb praktischer Fähigkeiten im Laborbetrieb.</li> <li>• Erwerb von Kenntnissen zur Auslegung von elektrischen Systemen und Anlagen.</li> <li>• Erlernen des Umgangs mit Messsystemen und Auswerteargorithmen.</li> <li>• Erwerb der Fähigkeit zur Analyse experimentell gewonnener Daten.</li> </ul>
Inhalt
<p>Kennenlernen realer Laborarbeit im Bereich Forschung und Entwicklung.</p> <p>Die Inhalte von „Modul 1461 Laborpraktikum I“ und „Modul 1462 Laborpraktikum II“ müssen sich thematisch signifikant unterscheiden.</p>
Leistungsnachweis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahmechein (TS)</li> <li>• Über die Dauer der Tätigkeit ist ein Berichtsheft zu führen, das vom jeweiligen Betreuer abgezeichnet wird.</li> </ul>
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Numerische Simulation in der Technik</b>	1493

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14931	P	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Den Modulen Mathematik I-IV entsprechende mathematische Kenntnisse sowie dem Modul Ingenieurinformatik entsprechende Programmierkenntnisse.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können Matlab oder eine vergleichbare Programmierumgebung zum Durchführen numerischer oder statistischer Simulationsrechnungen und zur graphischen Aufbereitung der Simulationsergebnisse einsetzen. Sie erwerben die Fähigkeit, Bausteine numerischer Lösungsmethoden (etwa zur Nullstellenberechnung, zur Optimierung, zur Datenanalyse oder zum Lösen von Differentialgleichungen) zu komplexeren Anwendungscodes zusammensetzen. Sie sind in der Lage, die Zuverlässigkeit der berechneten Simulationsergebnisse einzuschätzen.
Inhalt
Zwei in sich abgeschlossene Problemstellungen aus einer technischen Anwendung werden vorgegeben, etwa aus der Regelungstechnik, der Mechanik, der Signalverarbeitung oder der medizinischen Bildverarbeitung – individuelle Präferenzen der Studierenden können hierbei berücksichtigt werden. Zunächst wird ein mathematisches Modell erstellt. Anschließend sind ein Lösungsverfahren zu entwerfen und ein Algorithmus zu formulieren. Eine Implementierung in der vorgegebenen Programmierumgebung ist zu erstellen und auf die Problemstellung anzuwenden. Die Validität der errechneten Lösungen ist zu überprüfen und die Resultate sind in geeigneter Form – auch graphisch – darzustellen.
Literatur
Wird je zur konkreten Aufgabenstellung passend angegeben.



Leistungsnachweis
Notenschein
Verwendbarkeit
Wahlpflichtpraktikum im Master-Studiengang EIT in allen Vertiefungsrichtungen.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem WT und FT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop</b>	1504

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	30	120	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15041	P	Simulink für Hardware in the Loop (HiL) Prüfstände	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulink-Basiswissen ist von Vorteil, aber nicht zwingend notwendig</li> <li>• Bereitschaft zu eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams</li> <li>• Wegen der auf die Studierenden zentrierten Ausrichtung muss die Teilnehmerzahl auf 9 begrenzt werden</li> <li>• Kenntnisse der Steuerung/ Regelung von Systemen von Vorteil</li> </ul>
Qualifikationsziele
Die Studierenden sollen die Programmierung mit Simulink und Stateflow erlernen. Es werden die Grundlagen von Hardware in the Loop Simulation vermittelt und Einblicke in die Ingenieurpraxis gegeben.
Inhalt
Die Studierenden werden im Rahmen des Praktikums am Beispiel von LEGO Mindstorm-Robotern in den Grundlagen der Verwendung von Simulink für HiL-Prüfstände unterrichtet. In der Präsenzphase werden sie über die Grundlagen aufgeklärt und erhalten die Prüfungsaufgabe. Aus einer vorgegebenen Menge an LEGO-Steinen, -Bau-elementen, -Sensoren und -Elektromotoren soll durch die Studierenden in kleinen Teams ein Roboter/eine Anlage aufgebaut und mittels Simulink programmiert werden, der/die in der Lage ist, die Prüfungsaufgabe zu erfüllen. In der Prüfung wird zunächst eine bekannte Prüfungsaufgabe gestellt. In einer zweiten Phase wird die Aufgabe leicht modifiziert und die Studierenden bekommen vor Ort die Gelegenheit, die notwendigen Modifikationen durchzuführen.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Angermann, M. Beuschel, M. Rau: „MATLAB-Simulink-Stateflow“, 5. Auflage, Oldenbourg, 2007</li> </ul>

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• W. Pietruszka, „MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis“, 3. Auflage, Vieweg, 2012</li><li>• M. Scholz, B. Jost, T. Leimbach, „Das EV3-Universum: Ein umfassender Einstieg in LEGO MINDSTORMS EV3 mit 8 spannenden Roboterprojekten“, 1. Auflage, Hüthig Jehle Rehm, 2014</li></ul> |
|--|

<b>Leistungsnachweis</b>
--------------------------

Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
--

<b>Verwendbarkeit</b>
-----------------------

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul> |
|--|

<b>Dauer und Häufigkeit</b>
-----------------------------

1 Trimester, in jedem Studienjahr
-----------------------------------

Modulname	Modulnummer
<b>Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW</b>	2995

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36831	OS	Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in MATLAB.

Qualifikationsziele

- Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen.
- Die Studierenden haben verbesserte Fertigkeiten bei der problemorientierten Anwendung und dem praktischen Umgang mit MATLAB/LabVIEW sowie vertiefte Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet.
- Die Studierenden können ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellungen analysieren und durch Einsatz von MATLAB/LabVIEW zielgerichtet lösen.

Inhalt

Das Softwarepaket MATLAB wird weltweit standardmäßig sowohl im akademischen Umfeld als auch in der Industrie eingesetzt und zählt zum Handwerkszeug jedes Ingenieurs. Ähnliches gilt für das Softwarepaket LabVIEW insbesondere für die Messdatenerfassung. Im Oberseminar arbeiten die Teilnehmer als Einzelperson oder in Kleingruppen an der praxisnahen Anwendung von MATLAB oder LabVIEW in verschiedenen vorgegebenen oder von den Studierenden selbst vorgeschlagenen Aufgabenstellungen in unterschiedlichsten Bereichen (Automobil- und Luftfahrttechnik, Automatisierungs-, Umwelt- und Sicherheitstechnik, Medizintechnik, Künstliche Intelligenz, erneuerbare Energien, etc.).

Die Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars vorgetragen und zur Diskussion gestellt.
<b>Literatur</b>
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Benotung erfolgt anhand der erarbeiteten Lösungen und der studentischen Präsentation. Die Mitarbeit und Involvierung bei den Fachdiskussionen im Rahmen des Oberseminars fließen ebenfalls in die Benotung ein.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul in den Studiengängen EIT, ME und INF.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Praktikum Hochspannungstechnik	6055

Konto	Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Fridolin Heidler	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60551	P		Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse des (Bachelor-) Moduls „Einführung in Electric Power Systems (EMP)“, Modulnummer 3410
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen das verantwortungsbewusste Experimentieren mit hohen Spannungen und Strömen, die Prüftechnik zur Erzeugung hoher Spannungen und Ströme und die Methoden zur Auswertung von Versuchsergebnissen. Sie kennen die physikalischen Vorgänge bei unvollkommenen und vollkommenen Luftdurchschlägen, die Eigenschaften von Isoliermitteln, die Betriebsmittel und Schutzelemente in der Hochspannungstechnik. Sie erlernen die Messung und die Erzeugung hoher Gleichspannungen, Wechselspannungen und Stoßspannungen sowie hoher Ströme und die dazu benötigten Generatoren.
Inhalt
In diesem Modul erhalten die Studierenden einen Einblick in die allgemeine Hochspannungs-Versuchstechnik und die Betriebsmittel und Messverfahren bei Beanspruchungen mit Hochspannung. Die Studierenden lernen die Sicherheitsaspekte beim Experimentieren mit Hochspannungen kennen. Die Studierenden erlernen die Methoden zur Erzeugung und Messung hoher Gleich-, Wechsel- und Stoßspannung sowie hoher Stoßströme. Die Studierenden erhalten Einblick in die Eigenschaften von Isolierstoffen bei Beanspruchung mit hohen Spannungen.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Beyer, M., Boeck, W., Möller, K., Zaengl, W.: "Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen". Berlin, Springer Verlag, 1998,</li> <li>Schwab, A.: "Hochspannungsmesstechnik", 2. Auflage. Berlin, Springer-Verlag, 1981</li> </ul>

Leistungsnachweis
<ul style="list-style-type: none"><li>• Multiple choice Teilprüfungen zu jedem Versuch,</li><li>• Bewertete Hausarbeiten.</li></ul>
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem HT und WT

Modulname	Modulnummer
<b>FEM in der Antriebstechnik</b>	1223

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Mobility- EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12231	VL	FEM in der Antriebstechnik I (Theorie)	Pflicht	2
12232	UE	FEM in der Antriebstechnik II (Anwendungen)	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlangen Kenntnisse über numerische Berechnungsverfahren mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM). Sie erhalten eine Einführung in spezielle FEM-Software-Produkte wie ANSYS oder OPERA. Die Studierenden lernen, Lösungsstrategien für elektromagnetische, thermische und akustische Problemstellungen zu entwickeln. Sie werden in die Lage versetzt, Ergebnisse aus numerischen Berechnungen zu beurteilen und darzustellen.
Inhalt
Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Methode der Finiten Elemente (FEM). Sie verstehen die Bedeutung und die Relevanz der Maxwell'schen Gleichungen für technische Aufgabenstellungen. Die Studierenden lernen, verschiedene FEM-Software-Produkte wie ANSYS oder OPERA anzuwenden. Darunter fallen folgende Fertigkeiten:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung des magnetischen Kreises von elektrischen Maschinen</li> <li>• Berechnung von Temperaturverläufen in elektrischen Maschinen</li> <li>• Modellbildung</li> <li>• Erstellung des Gitternetzes</li> <li>• Berücksichtigung nichtlinearer Materialeigenschaften</li> </ul>



- Berechnung wichtiger Auslegungsgrößen (Induktion, Drehmoment, Erwärmung)

Das erworbene Wissen wird anhand von konkreten Anwendungsbeispielen von hochausgenutzten elektrischen Maschinen für Elektrofahrzeuge geübt und vertieft, wie z.B. den permanenten Synchronmaschinen oder den geschalteten Reluktanzmaschinen.

#### Literatur

- G. Dajaku: Vorlesungsskript „FEM in der Antriebstechnik“, UniBw München, EAA, 2010
- W. Schätzing: „FEM für Praktiker - Band 4: Elektrotechnik“, 2.Auflage, Expert-Verlag, Renningen, 2009

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 45 - 120 min. Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15 - 40 min. Dauer (mP-15-40), kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmechein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Mobility"
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Simulation leistungselektronischer Systeme</b>	1446

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Mobility- EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14461	SE	Simulation leistungselektronischer Systeme	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Elektrotechnik",</li> <li>• Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Leistungselektronik".</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über Anwendungsbereiche, Möglichkeiten und Grenzen von Simulationen leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• Selbständiges Erfassen der technischen Fragestellung und Auswahl der geeigneten Modellierungsebene und Simulations-Tools,</li> <li>• Fähigkeiten zum Aufbau multidimensionaler Simulationen und zur Bewertung der Ergebnisse.</li> </ul>
Inhalt
<p>Im Vorlesungsteil werden die theoretischen Grundlagen der Systemsimulation behandelt und u.a. folgende Aspekte adressiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Warum Simulation leistungselektronischer Systeme?</li> <li>• Aufgabenbezogene Modellbildung und Modellierungstiefe,</li> <li>• Tools für die Systemsimulation: MATLAB, SIMULINK, PLECS,</li> <li>• Grundlagen der Simulation kontinuierlicher Systeme und Besonderheiten leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• Modellierung und Simulation elektrischer, thermischer, magnetischer und mechanischer Komponenten.</li> </ul> <p>Im praktischen Teil bearbeiten die Studierenden selbständig Anwendungsbeispiele (vom Gleichspannungswandler zum dreiphasigen Wechselrichter inkl. Systemumgebung) und stellen die Ergebnisse in der Klasse vor.</p>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Angermann: „MATLAB-Simulink-Stateflow“, 5. Auflage, Oldenbourg, 2007</li><li>• W. Pietruszka, „MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis“, 3. Auflage, Vieweg, 2012</li><li>• PLECS User Manual, Plexim GmbH, 2019</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (NoS). Die Leistungspunkte werden durch die selbstständige Bearbeitung eines Simulationsprojektes sowie eine kurze Prüfung erworben. Die genaue Art und Aufteilung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Regelung für energietechnische Systeme	6058

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Mobility- EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60581	VÜ	Regelung für energietechnische Systeme	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Ingenieurmathematik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.
- Grundkenntnisse der Elektrotechnik, wie sie beispielsweise in den Bachelor-Modulen „Grundlagen der Elektrotechnik I + II“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.
- Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.
- Grundkenntnisse über elektrische Maschinen, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Einführung in Electric Mobility: Grundlagen elektrischer Maschinen“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden sind in der Lage, wichtige Spielarten elektrischer Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme analytisch zu betrachten. Sie verstehen die nichtlineare, Zustandsraum-basierte Modellierung von Synchron- und Asynchronmaschinen. Sie verstehen, wie moderne Regelungskonzepte wie die Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, Eingangs-Ausgangs-linearisierende Regler und Zustandsbeobachter gewinnbringend eingesetzt werden können, um Synchron- und Asynchronmaschinen mit hoher Performanz zu regeln. Da sich die Studierenden im Verlauf dieses Moduls simultan mit modernen Regelungskonzepten und ihrer Anwendung auseinandersetzen, besitzen sie nach der Bewältigung dieses Moduls ein gleichzeitig vertieftes und praxisnahes Verständnis dieser Konzepte. Sie verstehen den Beitrag von Synchrongeneratoren zur Synchronisation und Spannungsstabilität elektrischer Wechselstromnetze.

Inhalt
<p>In diesem Modul lernen die Studierenden, elektrische Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme zu betrachten. Sie werden mit modernen Regelungskonzepten vertraut gemacht, indem sie direkt deren Anwendung bei der hochperformanten Regelung von elektrischen Antrieben kennenlernen. Insbesondere lernen sie so die Konzepte der Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, des Eingangs-Ausgangs-linearisierenden Reglers und der Zustandsbeobachtung kennen, des weiteren Methoden zur Identifikation von Modellparametern. Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Synchronisation und die Stabilität von elektrischen Netzen, in die elektrische Leistung durch Synchrongeneratoren eingespeist wird.</p>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• John Chiasson: Modeling and High-Performance Control of Electric Machines, IEEE Press, 2005</li> <li>• K. Schmietendorf: Synchronisation und Spannungsstabilität in einem Netzwerk von Synchronmaschinen, Diplomarbeit an der Universität Münster, 2012</li> </ul>
Leistungsnachweis
<p>Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 30 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben.)</p>
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Vertiefungsrichtung Electric Mobility &amp; Power;</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Vertiefungsrichtungen „Mechatronik“ (MECH), „Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme“ (LRT) sowie „Modellierung und Simulation im Bauwesen“ (BAU).</li> </ul>
Dauer und Häufigkeit
<p>1 Trimester, in jedem FT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik</b>	6066

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Mobility- EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	-	5

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60661	V/Ü/P	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundlagen der Chemie, wie durch Abitur vermittelt
- Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und Physik, wie im B.Sc. Studium vermittelt

Qualifikationsziele

Der/die Studierende erwirbt die Kompetenz, die Probleme der Antriebstechnik als Teil eines Gesamtsystems zu sehen und einzuordnen. Er/sie wird in die Lage versetzt, mit Grundbegriffen der Satellitenantriebstechnik umgehen zu können und die Unterschiede verschiedener Systeme zu erkennen und zu bewerten. Die Studierenden können Missionsgrundlagen bewerten und auf Basis dieser Bewertung qualifizierte Entscheidungen für die Definition der Randbedingungen für ein Antriebssystem durchführen. Der Satellitenantrieb als Beispiel für eine technologische Entwicklung, die durch bestimmte Randparameter, wie Gewicht, Lebensdauer, Energieverbrauch, Schubanforderungen, eingegrenzt wird, ist typisch für eine industrielle Entwicklung. Es werden die Grundlagen dafür gelegt, eine solche Aufgabe zu lösen, und selbstständig das bestmögliche System für eine bestimmte Anwendung zu finden. Dieser Studiengang erweitert das physikalische Basiswissen der Studenten in dem Bereich der Plasmaphysik, und erweitert den Horizont der EIT-Studenten in Bezug auf die Transparenz der Ingenieurwissenschaften. Es wird gezeigt, wie sehr die Elektrotechnik auch z. B. Teil der Raumfahrttechnik ist.

Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen und Technologien auf dem Gebiet der elektrischen Satellitenantriebe bekannt gemacht. Dieses beinhaltet auch die Grundlagen zur Analyse von Raumfahrtmissionen. Sie erhalten Kenntnisse zum

Einsatz dieses Wissens und zur Methodik der Auswahl geeigneter Antriebssysteme für spezielle Missionsanforderungen.

- Sie erhalten eine Einführung in grundlegende Begriffe der Antriebstechnik
- Auf Basis dieser Grundlagen werden in exemplarischer Weise Fragestellungen zur Missionsdurchführung eingeführt.
- Anhand von Beispielen einfacher chemischer Antriebstechnik lernen die Studierenden theoretische Ansätze zur Evaluation der Funktionseffizienz eines Antriebssystems kennen
- Die elektrische Antriebstechnik als Erweiterung der Möglichkeiten für Missionsszenarien wird eingeführt
- Verschiedenste Verfahren der elektrischen Antriebstechnik werden anhand exemplarischer Beispiele sowohl theoretisch als auch praktisch bekannt gemacht
- Methodiken und Analyseverfahren zur Auswahl geeigneter Antriebssysteme werden vermittelt
- An geeigneten Fragestellungen werden Kenntnisse zur Anwendung der Auswahlverfahren abhängig von Missionsparametern trainiert

Basierend auf vertieftem plasmaphysikalischem Verständnis und dem Verstehen und Erlernen von Grundbegriffen der Antriebstechnik werden Kompetenzen und Methoden für selbstständige Berechnung und Dimensionierung elektrischer Antriebssysteme für spezielle Raumfahrtmissionen vermittelt.

#### Literatur

- R. G. Jahn: "Physics of Electrical Propulsion", Dover Publications, 2006

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 Minuten (sP-90) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (mP-30) sowie Notenschein (NS)

- Referat (Seminar),
- Übungsprojekt (Projekt),
- Take home exam (Vorlesung)

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Mobility"
- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik</b>	1307

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Power - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Thomas Weyh	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13071	VÜ	Sicherheit in der Energieversorgung	Wahlpflicht	3
13072	VÜ	Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine

Qualifikationsziele
<p>Im ersten Teil des Moduls (Sicherheit in der Energieversorgung) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fakten zur gegenwärtigen und zukünftigen Energiebereitstellung</li> <li>• Nachhaltigkeitskriterien und Strategien zur Sicherstellung der Energieversorgung</li> <li>• die Sensitivität der Stromgestehungskosten regenerativer Energieerzeugung</li> <li>• grundlegende Mechanismen zur Festlegung von Börsenstrompreisen, unterstützt durch ein Börsensimulationstool</li> </ul> <p>Im zweiten Teil des Moduls (Gleichstromübertragungssysteme in der Energietechnik) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die technischen Systeme zur Übertragung großer Energien mit HVDC-Systemen</li> <li>• die Anforderungen und den Aufbau von Umrichterstationen</li> <li>• die Dimensionierung und Auslegung von HVDC-Systemen</li> <li>• die Einbindung moderner HVDC-Systeme in AC-Verbundnetze</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieversorgungssysteme anhand unterschiedlicher Kriterien zu bewerten</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensitivitätsanalysen zu Stromgestehungskosten regenerativer Energien durchzuführen</li> <li>• die Mengen- und Preisfestsetzung einer Börsenauktion im Grundsatz zu ermitteln</li> <li>• anhand der physikalischen Grundlagen Verlustberechnungen durchzuführen</li> <li>• die Leistungsfähigkeit von AC- und DC-Systemen in Abhängigkeit der Übertragungsentfernung und der -leistung zu vergleichen</li> <li>• Geeignete Umrichtertopologien für bestimmte Anforderungen auszuwählen</li> </ul>
<b>Inhalt</b>
<p>In der Lehrveranstaltung „Sicherheit in der Energieversorgung“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globale und regionale Strategien zur Sicherstellung der (elektrischen)Energieversorgung, Nachhaltigkeitskriterien</li> <li>• Berechnung der Stromgestehungskosten regenerativer Energiesysteme</li> <li>• Unterschiedliche Möglichkeiten für den Handel mit Strom</li> <li>• Ablauf eines Handelstages mit Strom anhand einer Börsensimulation</li> <li>• Mengen- und Preisfestsetzung bei einer simulierten Börsenauktion</li> </ul> <p>In der Lehrveranstaltung „Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Grundlagen zur Verlustberechnung von AC- und DC-Übertragungssystemen</li> <li>• Vergleich von DC- und Drehstromleitungen und -kabeln</li> <li>• Aufbau von Hochleistungs-Umrichterstationen; Filteranlagen, Umrichtertrafos, Halbleiterumrichter</li> <li>• Vergleich verschiedener Umrichtertopologien (Thyristor-basiert; IGBT-basiert)</li> <li>• Betrachtung ausgewählter Anlagen, Diskussion des DESERTEC-Projektes</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche 90-minütige Prüfung (sP-90), bestehend aus einer Teilprüfung für die Lehrveranstaltung a und einer Teilprüfung für die Lehrveranstaltung b. Jede dieser Teilprüfungen muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden werden. Die Leistungen beider Teilprüfungen werden im Verhältnis ihrer ECTS-Punkte gewertet.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Power"</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>1 Trimester, in jedem HT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Grundlagen der Blitzschutztechnik</b>	1369

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Power - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Fridolin Heidler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13691	VÜ	Grundlagen der Blitzschutztechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundlegende Kenntnisse auf dem Gebiet der Hochspannungstechnik
Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen die physikalischen Zusammenhänge, die zur Gewitterbildung und zum Entstehen eines Blitzes führen. Sie kennen die Störgrößen, die bei einer Blitzentladung bedeutsam sind, und verstehen die wichtigsten Maßnahmen, nach denen eine Blitzschutzanlage nach VDE 0185-305-3 ausgelegt wird, und die wichtigsten Maßnahmen zum Schutz der Elektronik nach VDE 0185-305-4. Die Studierenden kennen die Unterschiede zwischen den Prüfgeneratoren und Prüfverfahren, die hinsichtlich des Blitzschutzes eingesetzt werden, und können sie beschreiben und verstehen. Sie verstehen die transienten Ausgleichsvorgänge bei Blitzschlag in (Hochspannungs-)Leitungen und die daraus resultierenden Gefahren.
Inhalt
In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen auf dem Gebiet des Blitzschutzes bekannt gemacht. Sie erhalten grundlegende Einblicke in die Historie der Blitzforschung, die (globalen) Gewittereinflüsse und Gewittergeschehnisse wie Ladungsträgertrennung in der Atmosphäre, Entstehung und Aufbau von Gewitterzellen, Gewitterhäufigkeit und Einschlagwahrscheinlichkeit. Hierbei wird die Entstehung von Blitzen, ihre Unterscheidung nach Polarität und Richtung des Entladungsvorgangs bekannt gemacht. Die Studierenden erhalten Einblick in das elektrostatische Gewitterfeld, das elektrische und magnetische Blitzfeld, die Schutzraumbestimmung, die Komponenten des Blitzstroms und ihre Wirkungen, die Anwendung in Rechenmodellen sowie die Verankerung in der Normung. Die Studierenden kennen die grundlegenden Elemente einer Blitzschutzanlage, bestehend aus einer äußeren Blitzschutzanlage mit den Komponenten Fangeinrichtung, Ableitungsanlage sowie Erdungsanlage und einer inneren Blitzschutzanlage mit Maßnahmen zum Potentialausgleich und zur

Einhaltung der Trennungsabstände. Die Studierenden erlernen die grundlegenden Schutzmaßnahmen basierend auf dem Blitzschutzkonzept, der Schirmung von Gebäuden und Räumen und Leitungen. Sie erlernen die Fähigkeit, Blitzströme, die sich auf den Leitungen der Blitzschutzanlage und den Versorgungsleitungen ausbilden, zu charakterisieren und dagegen zu schützen und hierfür geeignete Ableiter nach Typ und Art auszuwählen. Sie kennen die grundlegenden Prüfverfahren zur Nachweis des Blitzschutzes und die hierfür eingesetzten Prüfgeneratoren.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Heidler, F., Stimper, K: "Blitz und Blitzschutz". 1. Auflage, VDE-Schriftenreihe 128. Berlin, VDE-Verlag, 2009</li><li>• Hasse, P., Wiesinger, J., Zischank, W.: "Handbuch für Blitzschutz und Erdung". 5. Auflage. München, Pflaum Verlag, 2006</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Min oder mündliche Prüfung 25 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Power"</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Simulation leistungselektronischer Systeme</b>	1446

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Power - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14461	SE	Simulation leistungselektronischer Systeme	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Elektrotechnik",</li> <li>• Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Leistungselektronik".</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über Anwendungsbereiche, Möglichkeiten und Grenzen von Simulationen leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• Selbständiges Erfassen der technischen Fragestellung und Auswahl der geeigneten Modellierungsebene und Simulations-Tools,</li> <li>• Fähigkeiten zum Aufbau multidimensionaler Simulationen und zur Bewertung der Ergebnisse.</li> </ul>
Inhalt
<p>Im Vorlesungsteil werden die theoretischen Grundlagen der Systemsimulation behandelt und u.a. folgende Aspekte adressiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Warum Simulation leistungselektronischer Systeme?</li> <li>• Aufgabenbezogene Modellbildung und Modellierungstiefe,</li> <li>• Tools für die Systemsimulation: MATLAB, SIMULINK, PLECS,</li> <li>• Grundlagen der Simulation kontinuierlicher Systeme und Besonderheiten leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• Modellierung und Simulation elektrischer, thermischer, magnetischer und mechanischer Komponenten.</li> </ul> <p>Im praktischen Teil bearbeiten die Studierenden selbständig Anwendungsbeispiele (vom Gleichspannungswandler zum dreiphasigen Wechselrichter inkl. Systemumgebung) und stellen die Ergebnisse in der Klasse vor.</p>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Angermann: „MATLAB-Simulink-Stateflow“, 5. Auflage, Oldenbourg, 2007</li><li>• W. Pietruszka, „MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis“, 3. Auflage, Vieweg, 2012</li><li>• PLECS User Manual, Plexim GmbH, 2019</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (NoS). Die Leistungspunkte werden durch die selbstständige Bearbeitung eines Simulationsprojektes sowie eine kurze Prüfung erworben. Die genaue Art und Aufteilung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Regelung für energietechnische Systeme	6058

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Power - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60581	VÜ	Regelung für energietechnische Systeme	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Ingenieurmathematik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.
- Grundkenntnisse der Elektrotechnik, wie sie beispielsweise in den Bachelor-Modulen „Grundlagen der Elektrotechnik I + II“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.
- Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.
- Grundkenntnisse über elektrische Maschinen, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Einführung in Electric Mobility: Grundlagen elektrischer Maschinen“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden sind in der Lage, wichtige Spielarten elektrischer Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme analytisch zu betrachten. Sie verstehen die nichtlineare, Zustandsraum-basierte Modellierung von Synchron- und Asynchronmaschinen. Sie verstehen, wie moderne Regelungskonzepte wie die Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, Eingangs-Ausgangs-linearisierende Regler und Zustandsbeobachter gewinnbringend eingesetzt werden können, um Synchron- und Asynchronmaschinen mit hoher Performanz zu regeln. Da sich die Studierenden im Verlauf dieses Moduls simultan mit modernen Regelungskonzepten und ihrer Anwendung auseinandersetzen, besitzen sie nach der Bewältigung dieses Moduls ein gleichzeitig vertieftes und praxisnahes Verständnis dieser Konzepte. Sie verstehen den Beitrag von Synchrongeneratoren zur Synchronisation und Spannungsstabilität elektrischer Wechselstromnetze.

<b>Inhalt</b>
In diesem Modul lernen die Studierenden, elektrische Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme zu betrachten. Sie werden mit modernen Regelungskonzepten vertraut gemacht, indem sie direkt deren Anwendung bei der hochperformanten Regelung von elektrischen Antrieben kennenlernen. Insbesondere lernen sie so die Konzepte der Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, des Eingangs-Ausgangs-linearisierenden Reglers und der Zustandsbeobachtung kennen, des weiteren Methoden zur Identifikation von Modellparametern. Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Synchronisation und die Stabilität von elektrischen Netzen, in die elektrische Leistung durch Synchrongeneratoren eingespeist wird.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• John Chiasson: Modeling and High-Performance Control of Electric Machines, IEEE Press, 2005</li><li>• K. Schmietendorf: Synchronisation und Spannungsstabilität in einem Netzwerk von Synchronmaschinen, Diplomarbeit an der Universität Münster, 2012</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 30 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben.)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Vertiefungsrichtung Electric Mobility &amp; Power;</li><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Vertiefungsrichtungen „Mechatronik“ (MECH), „Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme“ (LRT) sowie „Modellierung und Simulation im Bauwesen“ (BAU).</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>MINT-vernetzt (EIT)</b>	2997

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mint vernetzt - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
900	360	540	30

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
29971	PRO	Projekt/Forschungsarbeit	Pflicht	15
29972	V/Ü/P	Module/Veranstaltungen aus MINT/WOW	Pflicht	15
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>30</b>

<b>Voraussetzungen laut Prüfungsordnung</b>
Immatrikulation im Master-Studiengang EIT
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und Physik, wie im B.Sc. Studium vermittelt</li> <li>• Zugang nach Verfahren definiert in Präambel des Modulhandbuches (M.Sc. EIT)</li> </ul>
<b>Qualifikationsziele</b>
<p>Im Modul "MINT-vernetzt (EIT)" erwerben Studierende die Kompetenz, einen definierten Forschungsbereich durch die Kombination von Lehrveranstaltungen und einer Projektarbeit ganzheitlich zu verstehen und das Gelehrte direkt in einer technischen Anwendung zu verarbeiten. Dadurch erhält der/die Studierende Kompetenzen im Bereich des Projektmanagements und erlernt Fähigkeiten im Bereich der Koordination von Teamarbeit.</p> <p>Er/sie wird in die Lage versetzt, Erkenntnisse aus verschiedenen Fachbereichen für seine/ihre Arbeit zu bewerten und die Wichtigkeit der Interdisziplinarität zu erkennen.</p> <p>Es werden die Grundlagen dafür gelegt, basierend auf einer Forschungsaufgabe, in Zusammenarbeit mit einem Projektleiter die bestmögliche Lösung für eine bestimmte Problemstellung zu finden.</p> <p>Dieser Studiengang verstärkt das fachliche Wissen der Studierenden, und erweitert den Horizont der EIT-Studierenden in Bezug auf die Transparenz der MINT/WOW Gebiete.</p>
<b>Inhalt</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• In diesem Modul werden die Studierenden anhand eines Forschungsprojektes und begleitender Lehrveranstaltungen in die fachlichen Spezifikationen eines größeren</li> </ul>



wissenschaftlichen Projektes eingeführt. Sie erhalten Kenntnisse zum Einsatz dieses Wissens und zur Methodik der Auswahl geeigneter Arbeitsmethoden.

- Sie erhalten eine Einführung die selbstständige Bearbeitung von Projekten.
- Projektbegleitende Lehrveranstaltungen vermitteln das fachliche Wissen für die Durchführung dieses Projektes.
- Technische Projektziele werden erreicht und beschrieben.
- Projektmanagementaufgaben werden bearbeitet.

Das Thema des Forschungsprojektes wird von einem Projektleiter definiert, der sowohl das Thema der Projektarbeit bestimmt, wie auch die zu besuchenden Veranstaltungen.

Das Thema für das „MINT vernetzt“ Projekt wird jeweils im Januar eines Studienjahres bekannt gegeben. Die Studierenden können sich auf diese Themen bewerben. Der Zugang ist begrenzt. Die Auswahl der angebotenen Themen wie auch der studentischen Teilnehmer trifft der Prüfungsausschuss EIT (M.Sc.)

<b>Literatur</b>
Empfehlungen durch Projektleiter
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (zusammengesetzt aus den Einzelnachweisen).
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "MINT vernetzt"</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „MINT vernetzt“</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
4 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Mobilkommunikation und Radartechnik</b>	2996

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28031	VÜ	Grundlagen der Radartechnik	Pflicht	2,5
60641	VÜ	Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation	Pflicht	2,5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications“, „Funktechnik und mobile Kommunikation“, „Elektromagnetische Felder“ und „Elektrische Leitungen und Wellen“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden verstehen den Aufbau von Mobilfunksystemen, von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen. Die Studierenden haben vertiefenden Kenntnisse über die physikalische Übertragungsebene, Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung und Übertragungsleitungen sowie Mehrantennensysteme und können diese analysieren. Die Studierenden haben einen Überblick über wichtige digitale Rundfunkdienste und derzeitige und im Aufbau befindliche Mobilfunkstandards und verstehen deren Aufbau und Funktionsweise.
Inhalt
Lehrveranstaltung 1: Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation  Diese Vorlesung beschreibt die physikalischen Grundlagen und Rahmenbedingungen der Mobilkommunikation und diskutiert aktuelle Systeme der Mobilkommunikation, welche unter den gegebenen Rahmenbedingungen zuverlässig funktionieren müssen. Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Frequenzbereiche, in welchen Rundfunkdienste und Mobilfunkdienste arbeiten und über die Komponenten dieser Funkübertragungssysteme und lernen, reale Systeme dahingehend zu

<p>klassifizieren. Ein detaillierter Überblick über physikalische Phänomene der drahtlosen Übertragung auf dem Mobilfunkkanal wird ergänzt durch die Betrachtung des Mehrwegekanals sowie verschiedener Diversitystrategien zur Verbesserung der Empfangsqualität. Dies ermöglicht den Studierenden die Analyse realer Systeme und vermittelt ihnen Strategien, die Zuverlässigkeit mobiler Empfangssysteme zu verbessern. Die Studierenden erhalten einen Überblick über verfügbare Zugriffs- und Modulationsverfahren sowie Signalkodierungsarten. Eine vertiefende Darstellung digitaler terrestrischer Rundfunksysteme (bspw. DAB(+), DRM, DVB-T(2), ...) speziell im Hinblick auf die zuvor kennengelernten physikalischen Phänomene gibt einen Einblick in die verwendeten Basisbandkodierungen und Mehrträgerverfahren (COFDM). Eine ausführliche Beschreibung zellulärer Mobilfunkdienste (Systemarchitektur, Aufbau und Rahmenstruktur der verwendeten Signale, Synchronisation und Verbindungsaufbau, Handover, Zeitmultiplexstruktur) vermittelt ein Verständnis komplexer Kommunikationssysteme an den Beispielen GSM, UMTS, LTE(-A), 5G, DECT, TETRA, ...</p> <p>Lehrveranstaltung 2: Praktikum Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation</p> <p>Dieses Praktikum baut auf den Inhalten der Vorlesung auf und bietet einen Einblick in die Funktion moderner mobiler Funksysteme. Anhand von ausgewählten Versuchen werden Szenarien gestörter Funkübertragung mit Simulationen und Messungen analysiert. Die Studierenden erhalten so die Möglichkeit, selbständig Ausbreitungsszenarien von Mobilkommunikationsanwendungen in Simulationen zu untersuchen und deren Ergebnisse zu analysieren.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986</li> <li>• J. Schiller: "Mobilkommunikation", Pearson Studium, 2003</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik: Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 min Dauer (mP-25) am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.</p> <p>Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins (TS) notwendig.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen</b>	3698

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12501	VÜ	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt werden. (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen die Grundlagen der Zuverlässigkeit von elektronischen Bauelementen und Schaltungen. Sie bewerten die Zuverlässigkeit sicherheitsrelevanter Anwendungen und haben ein Verständnis der Qualitätsanforderungen in der Massenfertigung.
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wahrscheinlichkeitstheorie (Verteilungen, Zufallsgesetze), Definitionen (Zuverlässigkeit, Ausfallraten, usw.), Vorschriften für Zuverlässigkeit und Qualifikation von Integrierten Schaltungen sind als Grundlagen den Studierenden bekannt.</li> <li>Einen Überblick über die Zuverlässigkeit von Schaltungen (digital und analog) wird mittels Auswirkungen von Prozeßschwankungen, Alterung und Störungen im Betrieb gegeben.</li> <li>Auf der Basis von Simulation der Zuverlässigkeit entwerfen die Studierenden robuste Schaltungen.</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Handbook for Robustness Validation of Semiconductor Devices in Automotive Applications Published by: ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association) Electronic Components and Systems Division, <a href="http://www.zvei.org">www.zvei.org</a></li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• B. Bertsche et al.: "Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009 (<a href="http://www.springerlink.com/content/n1jh01/">http://www.springerlink.com/content/n1jh01/</a>)</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche (25min) oder schriftliche Modulprüfung (75min) am Ende des WTs. Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des FTs. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Integrierte Schaltungen</b>	6059

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12461	VÜ	Integrierte Schaltungen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und digitalen Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt wird (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein Verständnis der Grundlagen des Entwurfs integrierter Schaltungen und von CMOS Technologien. Die Studierenden haben eine Befähigung zur Simulation und zur Verifikation integrierter Schaltungen. Die Studierenden haben einen Einblick in die analoge und digitale Schaltungstechnik.
Inhalt
Die Studierenden werden mit den Grundlagen der CMOS Technologien bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die elektrischen Entwurfsregeln. Die Studierenden werden mit den Grundlagen der Simulation integrierter Schaltungen bekannt gemacht. Die Studierenden lernen statistische Methoden für den Entwurf integrierter Schaltungen und das Layout integrierter Schaltungen. Parameter Extraktion und „pre-silicon“ Verifikation werden eingeführt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Behzad Razavi, Microelectronics, 2nd Edition International Student Version, ISBN: 978-1-118-16506-5</li> <li>Skript zur Vorlesung „Integrierte Schaltungen“, Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik, <a href="http://www.unibw.de/ims/vorlesungen">www.unibw.de/ims/vorlesungen</a></li> <li>P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley &amp; Sons, 4. Aufl., 2001</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Kurt Hoffmann, „Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung“, ISBN 3-486-57894-4, Oldenbourg-Verlag München, München/Wien 2006 (2. Auflage)</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche (25min) oder schriftliche Modulprüfung (75min) am Ende des WTs. Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des FTs. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Filter und Array Processing</b>	6060

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60601	VÜ	Digitale Filter	Pflicht	3
60602	VÜ	Array Processing	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in der Digitalen Signalverarbeitung wie sie z.B. im Modul 6050 Signalverarbeitung vermittelt werden
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen vertieftes und fundiertes Wissen in der Analyse des Ein-/Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich. Sie sind sicher im Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter. Sie sind fähig, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden können digitale Filterkomponenten in Abhängigkeit von der gegebenen Fragestellung auswählen, parametrieren und kritisch hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit bewerten. Sie erhalten die Kompetenz, das erworbene Wissen in voller Anwendungsbreite von Schätzverfahren im Zeit- und Frequenzbereich hinaus auf neue Fragestellungen anzuwenden. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, selbständig Fragestellungen zu den wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse und Parameterschätzung zu bearbeiten. Sie erkennen die breiten Potenziale von Mehrantennensystemen für die gerichtete räumliche Kommunikation und für die Nutzung der räumlichen Dimension als zur Zeit- und Frequenzdimension orthogonale Ausbreitungskomponente und können diese benennen. Die Studierenden können Methoden zur Apertursynthese und modellbasierten Strahlformung wiedergeben und selbstständig auf neue Problemstellungen anwenden.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Digitale Filter (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)



In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien zur Analyse und dem Entwurf digitaler Filter bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Signalverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsstrukturen kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Dabei erlernen sie sowohl Verfahren zum Entwurf von FIR-Filtern (Windowing, Frequency-Sampling, Tschebyscheff-Approximation) als auch zum Entwurf von IIR-Filtern (direkte, impulsinvariante und bilineare Transformation). In einem weiteren Kapitel werden die Studierenden mit dem Konzept der adaptiven Filter bekannt gemacht. Dabei werden zunächst exemplarisch das Least-Mean-Squares Verfahren und der Recursive-Least-Squares Algorithmus vorgestellt bevor die Studierenden an das allgemeine Prinzip der Zustandsmodellierung und des Kalman-Filters herangeführt werden. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen (Quantisierungseffekte, Stabilität, Grenzyklen) schließt die Lehrveranstaltung ab.

#### b) Lehrveranstaltung Array Processing (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden grundlegend in die Anwendungsgebiete und Applikationen von Antennenarrays, Beamforming und räumlichen Filtern eingeführt. Hierbei erwerben sie ein Verständnis über uniforme lineare Arrays, zirkulare Arrays, Array Performance Metriken und Antennenelemente sowie deren Eigenschaften. Die Studierenden werden in das Thema Antennenarrays eingeführt und verstehen die unterschiedlichen Syntheseformen. Sie erlernen Array-Polynome und z-Transformation, das räumliche Abtasttheorem, Binomialarrays, Dolph-Chebyshev Arrays und Villeneuve n-Verteilung und setzen sich mit der Least-Squares Fehlermustersynthese, dem Minimax Design, dem Null-Steering, dem Beam-space-Processing und den räumlich non-uniforme lineare Arrays auseinander. Die Studierenden machen sich mit den Grundlagen der planaren Arrays und Aperturen vertraut. Sie diskutieren parametrische und Wavenumber Modelle, Raum-Zeit-Zufallsprozesse und Snapshot Modelle (Frequenz und Zeit) zur Charakterisierung von Space-Time Prozessen. Die Studierenden erlernen die Themengebiete Beamforming, MMSE Estimators, Maximum SNR Estimators, Multiple Plane Wave Signals (MMSE und MVDR Beamformer), Eigenvektor Beamformer und adaptive Beamformer als Grundlagen der Waveform Estimation. Außerdem erlernen sie das Subspace Verfahren (MUSIC, ESPRIT), die Capon Methode und die Minimum-Norm Methode systematisch auf Fragestellungen zu modell- und leistungsbasierter Parameterschätzung anzuwenden. Die Studierenden vergleichen vertieft die MISO-Systeme, Alamouti-Minimum-Norm, MIMO Systeme, Pre-coding und MIMO Entzerrung und beherrschen somit die wesentlichen Themengebiete im Bereich Beamforming als Variante der Mehrantennenkommunikation.

#### Literatur

- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022

- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013
- Stoica P, Moses R: Spectral Analysis of Signals. Pearson Prentice Hall, 2005
- van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part IV. Wiley Interscience, 2001
- Vucetic B and Yuan J: Space-Time Coding. Wiley, 2003

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Transmission Security"
- Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.) mit Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK
- Wahlpflichtmodul MINT

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Methoden der Künstlichen Intelligenz</b>	6061

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60611	VÜ	Wissensbasierte Systeme	Pflicht	3
60612	VL	Künstliche Intelligenz - Theorie und Praxis	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in Mathematik (Lineare Algebra, Analysis, Stochastik)
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen im Bereich Künstliche Intelligenz (KI) und Deep Learning und sind in der Lage, ihr Wissen aus der klassischen Informationsverarbeitung mit den Erkenntnissen aus dem KI-Bereich kritisch und differenziert zu vernetzen. Die Studierenden sind mit den wesentlichen Grundsätzen logikbasierter Wissensrepräsentation und Inferenzmechanismen vertraut. Sie kennen die Besonderheiten menschlichen Schlussfolgerns und die verschiedenen Ansätze, menschliches Schließen mathematisch zu modellieren und technisch abzubilden. Die Studierenden kennen die Eigenschaften und speziellen Anforderungen an die KI-Systemen zugrundeliegenden Hardware-Architekturen und verfügen über solide Basiskenntnisse in Entwurf und Anwendung von Neuronalen Netzen und Fuzzy-Inference Systemen. Sie sind vertraut mit den elementaren Methoden des maschinellen Lernens und können deren spezifischen Eigenschaften und Grenzen fundiert einordnen. Dies schließt auch deren Beurteilung im Sinne der Technikfolgenabschätzung mit ein. Die Studierenden sind sicher im selbständigen problemorientierten Arbeiten und verfügen über die Fähigkeit zur fundierten Bewertung und Auswahl verschiedener Konzepte der Wissensverarbeitung.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Wissensbasierte Systeme (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien wissensbasierter und lernfähiger informationstechnischer Systeme bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Informationsverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer ersten Definition des Begriffes „Künstliche Intelligenz“ und einer Übersicht über die betroffenen wissenschaftlichen Disziplinen werden die verschiedenen Ausrichtungen der KI-Forschung vorgestellt und in einem ersten exemplarischen Ansatz anhand des Gebiets der Expertensysteme und des Gebiets der Neuronalen Netze illustriert. Im Anschluss an einen kurzen Exkurs in die Grundlagen der Logik, befassen sich die Studierenden ausführlich mit den Prinzipien der logikbasierten Wissensrepräsentation und den zugehörigen Inferenzmechanismen. Neben Methoden des deduktiven und des unsicheren Schließens werden Techniken zum effizienten Durchsuchen der Wissensbasis vorgestellt. Die Studierenden erlernen das Konzept der Regelbasierten Systeme, welches anhand des Beispiels der Fuzzy-Inferenz-Systeme weiter vertieft wird. Sie werden mit verschiedenen Techniken des maschinellen Lernens zur Klassifikation und Mustererkennung vertraut gemacht und lernen deren spezifischen Stärken und Schwächen in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung gegeneinander abzuwägen. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie massiv parallelen Systemen, FPGA-Architekturen und dedizierten Rechenkernen auf Grafikkarten rundet die Lehrveranstaltung ab.

#### b) Lehrveranstaltung Künstliche Intelligenz – Theorie und Praxis (Prof. Werner Wolf)

Die Lehrveranstaltung beginnt mit einem Seminaranteil, in dem die Studierenden vorgegebene populärwissenschaftliche Publikationen zum Thema Künstliche Intelligenz (KI) analysieren und in eigenen Beiträgen deren Grundaussagen und auch ihre persönliche Beurteilung darstellen. Diese Lehrkomponente zielt darauf ab, dass die Studierenden sich aktiv mit der aktuell sehr regen Diskussion über gesellschaftspolitische und ethische Fragen zur Anwendung von Methoden der Künstlichen Intelligenz auseinandersetzen und damit sich der Perspektive der Technikfolgenabschätzung öffnen. Der zweite Teil der Lehrveranstaltung befasst sich mit dem Lernen und Schließen in neuronalen Netzen, wobei im Sinne der Bionik das biologische Neurosystem dem technisch abstrakten Konstrukt gegenüber gestellt wird. Dies schließt die Diskussion von technikphilosophischen Aspekten wie „Was ist Information?“, „Ist Objektivität in der Wissensverarbeitung durch technische Systeme möglich?“ und „Hat ein neuronales System einen freien Willen“ mit ein. Auch in diesem Teil der Lehrveranstaltung sollen die Studierenden wieder aktiv durch Beiträge mit einbezogen werden. Nachfolgend werden die wesentlichen Kriterien zur praktischen Anwendung von KI-Systemen, nämlich Kosten, Nutzen und prinzipielle Anwendungsmöglichkeiten, beleuchtet. Beispiele mit realen Anwendungen werden die Lehrveranstaltung abschließen.

#### Literatur

- Beierle C., Kern-Isberner G.: Methoden wissensbasierter Systeme - Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen. Springer Vieweg, 2019
- Russell S.J., Norvig P., Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson Education Limited, 2021
- Nielsen M.A.; Neural Networks and Deep Learning, Determination Press, 2015

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	6062

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12532	VÜ	Übertragungssicherheit	Pflicht	3
13811	VÜ	Nachrichten- und Informationstheorie	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme
- Modul 1083: Kommunikationstechnik
- Modul 1244: Kommunikationstechnik II
- Modul 6051: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen
- Modul 3402: Elektromagnetische Felder
- Modul 3401: Elektrische Leitungen und Wellen

#### Qualifikationsziele

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:

Die Studierenden kennen informationstheoretische Begriffe und Kenngrößen wie Entropie, wechselseitige Information und Kanalkapazität und können diese für verschiedene Kanäle bestimmen. Sie kennen nachrichtentheoretische Konzepte optimaler Empfänger und können zugehörige theoretische Grenzen ableiten. Sie können heute verwendete Verfahren in diese abstrakteren Konzepte einordnen und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage ausgehend von optimalen Empfängerkonzepten aufwandsgünstigere suboptimale Konzepte abzuleiten.

Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:

Die Studierenden kennen Verfahren und Methoden auf System- und Komponentenebene um die Übertragungssicherheit von Kommunikationssystemen zu bewerten und erlernen Fähigkeiten um Systeme mit erhöhter Übertragungssicherheit zu entwerfen. Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Problemstellungen der Sicherheit moderner Informations-Übertragungssysteme mit dem besonderen Hinblick auf drahtlose

Systeme, welche in den letzten Jahren eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt haben. Hierbei werden zuerst Einschränkungen der Informationsübertragungen durch Störungen sowie der Abhörsicherheit durch elektromagnetische Kopplungseffekte und Übersprechen betrachtet, woraufhin die technischen Lösungen zur Reduzierung dieser Einschränkungen dargestellt werden. Den Studierenden wird die Fähigkeit vermittelt, die Übertragungssicherheit gegebener Systeme einschätzen zu können und als Ingenieure die Strategien zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zu beherrschen.

## Inhalt

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:

Die Studierenden erlernen informationstheoretische Grundbegriffe wie Entropie, bedingte Entropie, wechselseitige Information, Kanalkapazität und deren Berechnung. Sie erlernen in der Praxis verwendete Verfahren einzuordnen und die Gründe für Abweichungen zu den theoretischen Grenzen zu verstehen. Sie sind damit in der Lage Verbesserungspotentiale zu erkennen und mögliche Lösungen dafür zu entwickeln. Die Studierenden lernen die Signalraumdarstellung (Basisfunktionsentwicklung, irrelevante Signalanteile), Detektionsverfahren (MAP, ML, Euklid'sche Distanz, Signalkonstellationen) und optimale Empfängerkonzepte (Vektordemodulator, Korrelationsdemodulator) und die Abschätzung von deren Fehlerwahrscheinlichkeiten kennen und anhand von Beispielen anzuwenden.

Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:

Teil Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (N.N.)

Die Studierenden lernen die Systemmodellierung, Verfahren zur Störunterdrückung im Zeit- und Frequenzbereich (Störimpulsaustastung, Bandsperre), störresistente Bandspreizverfahren (Direct-Sequence-Spread-Spectrum, Frequency-Hopping) und deren Verhalten bei verschiedenen Störarten (Breitbandstörer, Schmalbandstörer, Pulsstörer) kennen und anhand von Beispielen anzuwenden und entsprechende Kenngrößen zu bestimmen. Sie erlernen die entsprechenden Systemparameter aus Anforderungen zu berechnen.

Teil Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

Die Studierenden lernen Beeinträchtigungen der Übertragungsstrecke durch Störungen, Rauschen, Fading und Jamming kennen. Sie lernen elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und entsprechende Entkopplungsmaßnahmen, Schirmung und Filterung kennen. Rauschquellen und dazugehörige Abhilfemaßnahmen werden erlernt. Kenntnisse von Antennendiversity und intelligenten Antennenkonzepten werden vermittelt. Die erlernten Kenntnisse und Methoden werden anhand von Beispielen angewandt und vertieft.

## Literatur

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie

- Wozencraft, Jacobs: „Principles of Communication Engineering“, John Wiley 1965
- Gallager: "Principles of Digital Communication", Cambridge University Press, 2008

<b>Lehrveranstaltung</b> Übertragungssicherheit
<ul style="list-style-type: none"><li>• Simon, Omura, Scholtz: "Spread Spectrum Communications Handbook", McGraw-Hill, 2001</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 min (2x45min) Dauer (sP-90)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Pflichtmodul ME, Vertiefung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT



Modulname	Modulnummer
<b>CAD und Wellenausbreitung</b>	6063

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Wilfrid Pascher	-	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60631	VÜ	Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder	Pflicht	3
60632	VÜ	Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

<b>Voraussetzungen laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Kenntnisse in Theoretischer Elektrotechnik und Hochfrequenztechnik, wie sie z.B. in den Modulen "Theoretische Elektrotechnik I und II", „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications (MSC)“ und "Funktechnik und mobile Kommunikation" aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
<b>Qualifikationsziele</b>
Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse über die Funktionsweise verschiedener numerischer Verfahren, deren Einteilung, deren Vor- und Nachteile, sowie deren analytischen und numerischen Aufwand. Sie erwerben Grundkenntnisse über die verwendeten Lösungsansätze. Sie beherrschen die Anwendung auf einfache passive Komponenten und Schaltungen in der Mikrowellentechnik sowie auf Antennen. Die Studierenden kennen einige in Forschung und Industrie aktuell eingesetzte CAD-Programme für numerische Feldberechnung. Sie beherrschen die Grundlagen der Problemdefinition (Dateneingabe) bei der Simulation und die Grundlagen des Postprocessings. Sie können die Simulationsergebnisse bewerten. Die Studierenden kennen die Phänomene der Wellenausbreitung. Sie können Freiraumwelle, Bodenwelle und Raumwelle unterscheiden und deren Eigenschaften angeben. Sie kennen verschiedene Ausbreitungsmodelle und wenden sie exemplarisch in urbanen und ländlichen Szenarios und für Satellitenstrecken an.
<b>Inhalt</b>
a) Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder

Mit Hilfe verschiedener Methoden werden die charakteristischen Eigenschaften von Leitungen, Resonatoren, Filtern und anderen Schaltungselementen berechnet. Dabei werden Strukturen aus Mikrostreifen-, Koplanar- und Koaxialleitungen untersucht. Es werden vor allem folgende Methoden behandelt:

- Finite Differenzen
- Momentenmethode
- Finite Elemente

Dabei wird die Simulation im Frequenzbereich und im Zeitbereich vorgestellt und diskutiert.

b) Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen.

Im Anschluss daran werden verschiedene Methoden zur Berechnung von Antennen vorgestellt. Optische Verfahren (GO, GTD, UTD, PO, PTD) werden beschrieben und ihr jeweiliger Anwendungsbereich erklärt. Die Lösung der Maxwell'schen Gleichungen mit zwei verschiedenen Herangehensweisen demonstriert, nämlich im diskretisierten Raum (FEM, FDTD) und an diskretisierten Oberflächen (MOM). Außerdem werden Grundlagen der Wellenausbreitung und Modelle zu deren Berechnung vorgestellt. Dabei werden folgende Phänomene und Modelle berücksichtigt:

- Freiraumwelle, Satellitenstrecke, Link Budget
- Bodenwelle mit ebener und sphärischer Erde
- Raumwelle, Eigenschaften der Ionosphäre
- Hindernisse im Ausbreitungsverlauf
- empirische Modelle
- Terrainmodelle

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75)

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“
- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Mobilkommunikation und Radartechnik</b>	2996

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28031	VÜ	Grundlagen der Radartechnik	Pflicht	2,5
60641	VÜ	Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation	Pflicht	2,5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications“, „Funktechnik und mobile Kommunikation“, „Elektromagnetische Felder“ und „Elektrische Leitungen und Wellen“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden verstehen den Aufbau von Mobilfunksystemen, von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen. Die Studierenden haben vertiefenden Kenntnisse über die physikalische Übertragungsebene, Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung und Übertragungsleitungen sowie Mehrantennensysteme und können diese analysieren. Die Studierenden haben einen Überblick über wichtige digitale Rundfunkdienste und derzeitige und im Aufbau befindliche Mobilfunkstandards und verstehen deren Aufbau und Funktionsweise.
Inhalt
Lehrveranstaltung 1: Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation  Diese Vorlesung beschreibt die physikalischen Grundlagen und Rahmenbedingungen der Mobilkommunikation und diskutiert aktuelle Systeme der Mobilkommunikation, welche unter den gegebenen Rahmenbedingungen zuverlässig funktionieren müssen. Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Frequenzbereiche, in welchen Rundfunkdienste und Mobilfunkdienste arbeiten und über die Komponenten dieser Funkübertragungssysteme und lernen, reale Systeme dahingehend zu

<p>klassifizieren. Ein detaillierter Überblick über physikalische Phänomene der drahtlosen Übertragung auf dem Mobilfunkkanal wird ergänzt durch die Betrachtung des Mehrwegekanals sowie verschiedener Diversitystrategien zur Verbesserung der Empfangsqualität. Dies ermöglicht den Studierenden die Analyse realer Systeme und vermittelt ihnen Strategien, die Zuverlässigkeit mobiler Empfangssysteme zu verbessern. Die Studierenden erhalten einen Überblick über verfügbare Zugriffs- und Modulationsverfahren sowie Signalkodierungsarten. Eine vertiefende Darstellung digitaler terrestrischer Rundfunksysteme (bspw. DAB(+), DRM, DVB-T(2), ...) speziell im Hinblick auf die zuvor kennengelernten physikalischen Phänomene gibt einen Einblick in die verwendeten Basisbandkodierungen und Mehrträgerverfahren (COFDM). Eine ausführliche Beschreibung zellulärer Mobilfunkdienste (Systemarchitektur, Aufbau und Rahmenstruktur der verwendeten Signale, Synchronisation und Verbindungsaufbau, Handover, Zeitmultiplexstruktur) vermittelt ein Verständnis komplexer Kommunikationssysteme an den Beispielen GSM, UMTS, LTE(-A), 5G, DECT, TETRA, ...</p> <p>Lehrveranstaltung 2: Praktikum Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation</p> <p>Dieses Praktikum baut auf den Inhalten der Vorlesung auf und bietet einen Einblick in die Funktion moderner mobiler Funksysteme. Anhand von ausgewählten Versuchen werden Szenarien gestörter Funkübertragung mit Simulationen und Messungen analysiert. Die Studierenden erhalten so die Möglichkeit, selbständig Ausbreitungsszenarien von Mobilkommunikationsanwendungen in Simulationen zu untersuchen und deren Ergebnisse zu analysieren.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986</li> <li>• J. Schiller: "Mobilkommunikation", Pearson Studium, 2003</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik: Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 min Dauer (mP-25) am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.</p> <p>Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins (TS) notwendig.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Filter und Array Processing</b>	6060

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60601	VÜ	Digitale Filter	Pflicht	3
60602	VÜ	Array Processing	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in der Digitalen Signalverarbeitung wie sie z.B. im Modul 6050 Signalverarbeitung vermittelt werden
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen vertieftes und fundiertes Wissen in der Analyse des Ein-/Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich. Sie sind sicher im Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter. Sie sind fähig, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden können digitale Filterkomponenten in Abhängigkeit von der gegebenen Fragestellung auswählen, parametrieren und kritisch hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit bewerten. Sie erhalten die Kompetenz, das erworbene Wissen in voller Anwendungsbreite von Schätzverfahren im Zeit- und Frequenzbereich hinaus auf neue Fragestellungen anzuwenden. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, selbständig Fragestellungen zu den wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse und Parameterschätzung zu bearbeiten. Sie erkennen die breiten Potenziale von Mehrantennensystemen für die gerichtete räumliche Kommunikation und für die Nutzung der räumlichen Dimension als zur Zeit- und Frequenzdimension orthogonale Ausbreitungskomponente und können diese benennen. Die Studierenden können Methoden zur Apertursynthese und modellbasierten Strahlformung wiedergeben und selbstständig auf neue Problemstellungen anwenden.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Digitale Filter (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien zur Analyse und dem Entwurf digitaler Filter bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Signalverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsstrukturen kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Dabei erlernen sie sowohl Verfahren zum Entwurf von FIR-Filtern (Windowing, Frequency-Sampling, Tschebyscheff-Approximation) als auch zum Entwurf von IIR-Filtern (direkte, impulsinvariante und bilineare Transformation). In einem weiteren Kapitel werden die Studierenden mit dem Konzept der adaptiven Filter bekannt gemacht. Dabei werden zunächst exemplarisch das Least-Mean-Squares Verfahren und der Recursive-Least-Squares Algorithmus vorgestellt bevor die Studierenden an das allgemeine Prinzip der Zustandsmodellierung und des Kalman-Filters herangeführt werden. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen (Quantisierungseffekte, Stabilität, Grenzyklen) schließt die Lehrveranstaltung ab.

#### b) Lehrveranstaltung Array Processing (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden grundlegend in die Anwendungsgebiete und Applikationen von Antennenarrays, Beamforming und räumlichen Filtern eingeführt. Hierbei erwerben sie ein Verständnis über uniforme lineare Arrays, zirkulare Arrays, Array Performance Metriken und Antennenelemente sowie deren Eigenschaften. Die Studierenden werden in das Thema Antennenarrays eingeführt und verstehen die unterschiedlichen Syntheseformen. Sie erlernen Array-Polynome und z-Transformation, das räumliche Abtasttheorem, Binomialarrays, Dolph-Chebyshev Arrays und Villeneuve n-Verteilung und setzen sich mit der Least-Squares Fehlermustersynthese, dem Minimax Design, dem Null-Steering, dem Beam-space-Processing und den räumlich non-uniforme lineare Arrays auseinander. Die Studierenden machen sich mit den Grundlagen der planaren Arrays und Aperturen vertraut. Sie diskutieren parametrische und Wavenumber Modelle, Raum-Zeit-Zufallsprozesse und Snapshot Modelle (Frequenz und Zeit) zur Charakterisierung von Space-Time Prozessen. Die Studierenden erlernen die Themengebiete Beamforming, MMSE Estimators, Maximum SNR Estimators, Multiple Plane Wave Signals (MMSE und MVDR Beamformer), Eigenvektor Beamformer und adaptive Beamformer als Grundlagen der Waveform Estimation. Außerdem erlernen sie das Subspace Verfahren (MUSIC, ESPRIT), die Capon Methode und die Minimum-Norm Methode systematisch auf Fragestellungen zu modell- und leistungsbasierter Parameterschätzung anzuwenden. Die Studierenden vergleichen vertieft die MISO-Systeme, Alamouti-Minimum-Norm, MIMO Systeme, Pre-coding und MIMO Entzerrung und beherrschen somit die wesentlichen Themengebiete im Bereich Beamforming als Variante der Mehrantennenkommunikation.

#### Literatur

- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022

- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013
- Stoica P, Moses R: Spectral Analysis of Signals. Pearson Prentice Hall, 2005
- van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part IV. Wiley Interscience, 2001
- Vucetic B and Yuan J: Space-Time Coding. Wiley, 2003

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

**Verwendbarkeit**

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Transmission Security"
- Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.) mit Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK
- Wahlpflichtmodul MINT

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	6062

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12532	VÜ	Übertragungssicherheit	Pflicht	3
13811	VÜ	Nachrichten- und Informationstheorie	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme</li> <li>• Modul 1083: Kommunikationstechnik</li> <li>• Modul 1244: Kommunikationstechnik II</li> <li>• Modul 6051: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen</li> <li>• Modul 3402: Elektromagnetische Felder</li> <li>• Modul 3401: Elektrische Leitungen und Wellen</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:</p> <p>Die Studierenden kennen informationstheoretische Begriffe und Kenngrößen wie Entropie, wechselseitige Information und Kanalkapazität und können diese für verschiedene Kanäle bestimmen. Sie kennen nachrichtentheoretische Konzepte optimaler Empfänger und können zugehörige theoretische Grenzen ableiten. Sie können heute verwendete Verfahren in diese abstrakteren Konzepte einordnen und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage ausgehend von optimalen Empfängerkonzepten aufwandsgünstigere suboptimale Konzepte abzuleiten.</p> <p>Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:</p> <p>Die Studierenden kennen Verfahren und Methoden auf System- und Komponentenebene um die Übertragungssicherheit von Kommunikationssystemen zu bewerten und erlernen Fähigkeiten um Systeme mit erhöhter Übertragungssicherheit zu entwerfen. Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Problemstellungen der Sicherheit moderner Informations-Übertragungssysteme mit dem besonderen Hinblick auf drahtlose</p>



Systeme, welche in den letzten Jahren eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt haben. Hierbei werden zuerst Einschränkungen der Informationsübertragungen durch Störungen sowie der Abhörsicherheit durch elektromagnetische Kopplungseffekte und Übersprechen betrachtet, woraufhin die technischen Lösungen zur Reduzierung dieser Einschränkungen dargestellt werden. Den Studierenden wird die Fähigkeit vermittelt, die Übertragungssicherheit gegebener Systeme einschätzen zu können und als Ingenieure die Strategien zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zu beherrschen.

## Inhalt

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:

Die Studierenden erlernen informationstheoretische Grundbegriffe wie Entropie, bedingte Entropie, wechselseitige Information, Kanalkapazität und deren Berechnung. Sie erlernen in der Praxis verwendete Verfahren einzuordnen und die Gründe für Abweichungen zu den theoretischen Grenzen zu verstehen. Sie sind damit in der Lage Verbesserungspotentiale zu erkennen und mögliche Lösungen dafür zu entwickeln. Die Studierenden lernen die Signalraumdarstellung (Basisfunktionsentwicklung, irrelevante Signalanteile), Detektionsverfahren (MAP, ML, Euklid'sche Distanz, Signalkonstellationen) und optimale Empfängerkonzepte (Vektordemodulator, Korrelationsdemodulator) und die Abschätzung von deren Fehlerwahrscheinlichkeiten kennen und anhand von Beispielen anzuwenden.

Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:

Teil Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (N.N.)

Die Studierenden lernen die Systemmodellierung, Verfahren zur Störunterdrückung im Zeit- und Frequenzbereich (Störimpulsaustastung, Bandsperre), störresistente Bandspreizverfahren (Direct-Sequence-Spread-Spectrum, Frequency-Hopping) und deren Verhalten bei verschiedenen Störarten (Breitbandstörer, Schmalbandstörer, Pulsstörer) kennen und anhand von Beispielen anzuwenden und entsprechende Kenngrößen zu bestimmen. Sie erlernen die entsprechenden Systemparameter aus Anforderungen zu berechnen.

Teil Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

Die Studierenden lernen Beeinträchtigungen der Übertragungsstrecke durch Störungen, Rauschen, Fading und Jamming kennen. Sie lernen elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und entsprechende Entkopplungsmaßnahmen, Schirmung und Filterung kennen. Rauschquellen und dazugehörige Abhilfemaßnahmen werden erlernt. Kenntnisse von Antennendiversity und intelligenten Antennenkonzepten werden vermittelt. Die erlernten Kenntnisse und Methoden werden anhand von Beispielen angewandt und vertieft.

## Literatur

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie

- Wozencraft, Jacobs: „Principles of Communication Engineering“, John Wiley 1965
- Gallager: "Principles of Digital Communication", Cambridge University Press, 2008

<b>Lehrveranstaltung</b> Übertragungssicherheit
<ul style="list-style-type: none"><li>• Simon, Omura, Scholtz: "Spread Spectrum Communications Handbook", McGraw-Hill, 2001</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 min (2x45min) Dauer (sP-90)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Pflichtmodul ME, Vertiefung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>CAD und Wellenausbreitung</b>	6063

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Wilfrid Pascher	-	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60631	VÜ	Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder	Pflicht	3
60632	VÜ	Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in Theoretischer Elektrotechnik und Hochfrequenztechnik, wie sie z.B. in den Modulen "Theoretische Elektrotechnik I und II", „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications (MSC)“ und "Funktechnik und mobile Kommunikation" aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse über die Funktionsweise verschiedener numerischer Verfahren, deren Einteilung, deren Vor- und Nachteile, sowie deren analytischen und numerischen Aufwand. Sie erwerben Grundkenntnisse über die verwendeten Lösungsansätze. Sie beherrschen die Anwendung auf einfache passive Komponenten und Schaltungen in der Mikrowellentechnik sowie auf Antennen. Die Studierenden kennen einige in Forschung und Industrie aktuell eingesetzte CAD-Programme für numerische Feldberechnung. Sie beherrschen die Grundlagen der Problemdefinition (Dateneingabe) bei der Simulation und die Grundlagen des Postprocessings. Sie können die Simulationsergebnisse bewerten. Die Studierenden kennen die Phänomene der Wellenausbreitung. Sie können Freiraumwelle, Bodenwelle und Raumwelle unterscheiden und deren Eigenschaften angeben. Sie kennen verschiedene Ausbreitungsmodelle und wenden sie exemplarisch in urbanen und ländlichen Szenarios und für Satellitenstrecken an.
Inhalt
a) Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder

Mit Hilfe verschiedener Methoden werden die charakteristischen Eigenschaften von Leitungen, Resonatoren, Filtern und anderen Schaltungselementen berechnet. Dabei werden Strukturen aus Mikrostreifen-, Koplanar- und Koaxialleitungen untersucht. Es werden vor allem folgende Methoden behandelt:

- Finite Differenzen
- Momentenmethode
- Finite Elemente

Dabei wird die Simulation im Frequenzbereich und im Zeitbereich vorgestellt und diskutiert.

b) Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen.

Im Anschluss daran werden verschiedene Methoden zur Berechnung von Antennen vorgestellt. Optische Verfahren (GO, GTD, UTD, PO, PTD) werden beschrieben und ihr jeweiliger Anwendungsbereich erklärt. Die Lösung der Maxwell'schen Gleichungen mit zwei verschiedenen Herangehensweisen demonstriert, nämlich im diskretisierten Raum (FEM, FDTD) und an diskretisierten Oberflächen (MOM). Außerdem werden Grundlagen der Wellenausbreitung und Modelle zu deren Berechnung vorgestellt. Dabei werden folgende Phänomene und Modelle berücksichtigt:

- Freiraumwelle, Satellitenstrecke, Link Budget
- Bodenwelle mit ebener und sphärischer Erde
- Raumwelle, Eigenschaften der Ionosphäre
- Hindernisse im Ausbreitungsverlauf
- empirische Modelle
- Terrainmodelle

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

<b>Modulname</b>	Modulnummer
<b>Weltraumnutzung</b>	6065

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60651	VÜ	Satellitennavigation	Pflicht	3
60652	VÜ	High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

<b>Voraussetzungen laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Kenntnisse in Mathematik und Physik, wie sie in den Bachelor-Studiengängen vermittelt werden. Außerdem sind Kenntnisse über die Eigenschaften und die Beschreibung von Signalen und Übertragungssystemen in der Nachrichtentechnik hilfreich.
<b>Qualifikationsziele</b>
Die Studierenden machen sich bewusst, dass heutzutage die wirtschaftliche Nutzung des Weltraums insbesondere durch die Satellitenkommunikation, Satellitennavigation und die Erdbeobachtung erfolgt. Satellitenkommunikation und Satellitennavigation sind dabei die wesentlichen Nutzungsarten im Zusammenhang mit der Weltraumkommunikation und Signalübertragung. Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung zunächst mit den Grundkenntnissen der Geometrie zu radiobasierten Positionierungsverfahren vertraut gemacht. Sie verstehen grundlegende, als auch analytische lauffzeitbasierte Positionierungsverfahren. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, selbstständig die Positionsschätzung durch Tracking-Algorithmen des empfangenen Signals zu verbessern. Sie prüfen detailliert die Signale von verschiedenen Satellitennavigationssystemen und analysieren eigenständig deren gängige Fehlerquellen. Mit Blick auf Satellitenkommunikationssysteme werden die Studierenden zunächst in die aktuellsten Anwendungsgebiete eingeführt und daraus abgeleitet mit modernen technischen Fragestellungen vertraut gemacht. Ein Fokus liegt dabei auf der Kapazitätssteigerung durch Nutzung von Mehrantennentechnologien und Frequenzwiederverwendungsverfahren, die in modernen Multibeam-Satellitenarchitekturen derzeit Fuß fassen, bis hin zu Räummultiplexverfahren (MIMO). Sie erwerben die Fähigkeit, die genannten Systeme auf Systemebene qualitativ auszulegen, die Systeme und Subsysteme nach ihren technischen Kenndaten grob

zu dimensionieren, die Einflussgrößen wesentlicher Systemberechnungen quantitativ abzuschätzen und auch dazu grundlegende Berechnungen durchzuführen. Die Studierenden unterscheiden zudem spezifisch sicher die wesentlichen Arten der Anwendungsfelder für die verschiedenen Technologien.

#### Inhalt

a) Lehrveranstaltung Satellitennavigation (Dr. Michael Walter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)

Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Satellitennavigationssysteme. Sie machen mit Orbits, Koordinatensystemen und Zeitsystemen Bekanntschaft. Die Studierenden erlernen die Fähigkeit, Radionavigationsmethoden zu vergleichen und werden mit GPS Signalen vertraut gemacht. Sie diskutieren die Positions- und Geschwindigkeitsschätzung und lernen das Tracking kennen. Die Studierenden erlernen die verschiedenen Fehlerquellen und die Effekte der ihnen bereits bekannten Mehrwegeausbreitung für das Navigationssignal. Sie setzen sich mit der Modernisierung der Satellitensignale und der Interferenz auseinander. Die Studierenden machen mit Jamming und Spoofing Bekanntschaft und schätzen deren Wirkungsweisen ein.

b) Lehrveranstaltung High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

Die Studierenden werden mit der Evolution der Nutzlastarchitekturen und deren Eigenschaften wie transparent, regenerativ, Bent-Pipe (analog und digital) bekannt gemacht. Sie vergleichen modernste Netzarchitekturen, Multiple Access (FDMA, CDMA, TDMA) Verfahren, Frequenzwiederverwendungsverfahren und Verfahren zur Ressourcenallokation wie bspw. Beamhopping. Die Studierenden werden mit den zugrunde liegenden technologischen Konzepten, Kapazitätsbetrachtungen und der Hardware-Implementierung von Multibeam-Satellitenarchitekturen (Array FED Reflector, Direct Radiating Arrays) vertraut gemacht. Sie setzen sich mit der Frequenzwiederverwendung, der Interferenzbehandlung, der MIMO-Übertragung und neuartigen Frontend-Strukturen auseinander. Sodann erlernen die Studierenden Linkbudgets und Systemberechnungen für High-Throughput-Satellites (HTS) durchzuführen. Auch machen sie mit der Signalverzerrung (Precoding) für moderne digitale Satellitennutzlasten Bekanntschaft. Mit diesen Techniken erlernen die Studierenden nun die Rolle von Satelliten in zellularen 5G Mobilfunknetzen sowie für das neue Anwendungsgebiet das Internet der Dinge. Auch mit neuen Anforderungen an die Sicherheit solcher Systeme setzen sie sich unter dem Aspekt der Physical Layer Security auseinander. Je nach Verfügbarkeit und Interesse wird die Lehrveranstaltung ggf. durch eine Exkursion zum Satellitenkontrollzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen ergänzt.

#### Literatur

- Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance
- Maral, Bousquet: Satellite Communication Systems. Wiley
- Agrawal: Satellite Technology. Wiley
- Hansen: Phased Array Antennas. Wiley

weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25) am Ende des Herbsttrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik</b>	6066

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	-	5

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60661	V/Ü/P	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundlagen der Chemie, wie durch Abitur vermittelt
- Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und Physik, wie im B.Sc. Studium vermittelt

Qualifikationsziele

Der/die Studierende erwirbt die Kompetenz, die Probleme der Antriebstechnik als Teil eines Gesamtsystems zu sehen und einzuordnen. Er/sie wird in die Lage versetzt, mit Grundbegriffen der Satellitenantriebstechnik umgehen zu können und die Unterschiede verschiedener Systeme zu erkennen und zu bewerten. Die Studierenden können Missionsgrundlagen bewerten und auf Basis dieser Bewertung qualifizierte Entscheidungen für die Definition der Randbedingungen für ein Antriebssystem durchführen. Der Satellitenantrieb als Beispiel für eine technologische Entwicklung, die durch bestimmte Randparameter, wie Gewicht, Lebensdauer, Energieverbrauch, Schubanforderungen, eingegrenzt wird, ist typisch für eine industrielle Entwicklung. Es werden die Grundlagen dafür gelegt, eine solche Aufgabe zu lösen, und selbstständig das bestmögliche System für eine bestimmte Anwendung zu finden. Dieser Studiengang erweitert das physikalische Basiswissen der Studenten in dem Bereich der Plasmaphysik, und erweitert den Horizont der EIT-Studenten in Bezug auf die Transparenz der Ingenieurwissenschaften. Es wird gezeigt, wie sehr die Elektrotechnik auch z. B. Teil der Raumfahrttechnik ist.

Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen und Technologien auf dem Gebiet der elektrischen Satellitenantriebe bekannt gemacht. Dieses beinhaltet auch die Grundlagen zur Analyse von Raumfahrtmissionen. Sie erhalten Kenntnisse zum



Einsatz dieses Wissens und zur Methodik der Auswahl geeigneter Antriebssysteme für spezielle Missionsanforderungen.

- Sie erhalten eine Einführung in grundlegende Begriffe der Antriebstechnik
- Auf Basis dieser Grundlagen werden in exemplarischer Weise Fragestellungen zur Missionsdurchführung eingeführt.
- Anhand von Beispielen einfacher chemischer Antriebstechnik lernen die Studierenden theoretische Ansätze zur Evaluation der Funktionseffizienz eines Antriebssystems kennen
- Die elektrische Antriebstechnik als Erweiterung der Möglichkeiten für Missionsszenarien wird eingeführt
- Verschiedenste Verfahren der elektrischen Antriebstechnik werden anhand exemplarischer Beispiele sowohl theoretisch als auch praktisch bekannt gemacht
- Methodiken und Analyseverfahren zur Auswahl geeigneter Antriebssysteme werden vermittelt
- An geeigneten Fragestellungen werden Kenntnisse zur Anwendung der Auswahlverfahren abhängig von Missionsparametern trainiert

Basierend auf vertieftem plasmaphysikalischem Verständnis und dem Verstehen und Erlernen von Grundbegriffen der Antriebstechnik werden Kompetenzen und Methoden für selbstständige Berechnung und Dimensionierung elektrischer Antriebssysteme für spezielle Raumfahrtmissionen vermittelt.

#### Literatur

- R. G. Jahn: "Physics of Electrical Propulsion", Dover Publications, 2006

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 Minuten (sP-90) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (mP-30) sowie Notenschein (NS)

- Referat (Seminar),
- Übungsprojekt (Projekt),
- Take home exam (Vorlesung)

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Mobility"
- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Inter- Satellite Communications</b>	6069

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile & Space Communication- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
34451	VÜ	Optische Freiraumübertragung	Pflicht	3
60691	VÜ	Parameterschätzung für Kommunikationssysteme	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in Mathematik und Physik, wie sie in den Bachelor-Studiengängen vermittelt werden. Außerdem sind Grundkenntnisse der Signalverarbeitung und Kenntnisse über die Eigenschaften und die Beschreibung von Signalen und Übertragungssystemen in der Nachrichtentechnik hilfreich.

Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen fundiert die physikalischen Prinzipien der optischen Kommunikationstechnik, insbesondere die Grundlagen des Elektromagnetismus mit Bezug zur Datenübertragung mit Licht. Sie benennen eigenständig den Stand der Technik in Bezug auf optische Kommunikationssysteme, Vor- und Nachteile und formulieren die Einsatzbereiche für optische Kommunikationssysteme. Die Studierenden reflektieren selbstständig die Systembestandteile eines optischen Kommunikationssystems und deren Aufgaben. Motiviert durch die komplexen Anforderungen der Datenübertragung im Weltraum über enorme Entfernungen, erkennen die Studierenden die Bedeutung der Synchronisation für den Entwurf von Funkübertragungssystemen. Sie kennen eigenständig die wesentlichen Anwendungsgebiete der Parameterschätzung sowie die damit einhergehenden Schätzprobleme in der Informationstechnik. Um sich das Thema zu erschließen, klassifizieren die Studierenden detailliert nachrichtentechnische Schätzprobleme und damit zusammenhängende Lösungsansätze. Die Studierenden beurteilen vertieft die Cramer-Rao-Grenze als entscheidende theoretische Grenze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Schätzalgorithmen sowie deren Berechnungsdynamik. Sodann bewerten sie fundiert verschiedene Methoden und Verfahren der Parameterschätzung und Synchronisation und ordnen ihre Vor- und Nachteile in Bezug auf ihre

<p>Leistungsfähigkeit und den praktischen Aufwand ein. Zur Vertiefung prüfen die Studierenden detailliert typische Beispiele praktisch relevanter Synchronisationsverfahren für wesentliche Synchronisationsaufgaben in praktischen Systemen und für unterschiedliche Modulationsverfahren (Träger- und Taktsynchronisation).</p>
<b>Inhalt</b>
<p>a) Lehrveranstaltung Optische Freiraumübertragung (Dr. rer. nat. Marcus Knopp, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)</p> <p>Die Studierenden erhalten in dieser Lehrveranstaltung eine Einführung in die optischen Kommunikationssysteme. Neben der Motivation für diese Technologien werden praktische Randbedingungen wie Bandbreitenbedarf, Glasfaser vs. Optische Freiraumübertragung (FSO) und sonstige Systemdefinitionen erlernt. Die Studierenden setzen sich mit den physikalischen Grundlagen wie Elektromagnetismus, geometrische Optik und der Frage nach dem Licht auseinander. Die Studierenden werden mit der Funktionsweise der optischen Freiraumübertragung, den Lichtquellen, den Modulatoren, den Detektoren, optischen Komponenten und Pointing, Acquisition &amp; Tracking (PAT) als technologische Grundlagen vertraut gemacht. Sie erlernen die Atmosphäre, das Wetter, die Sichtbarkeit und die Link-Budget Analyse als Einflussfaktoren bei der Signalausbreitung in optischen Freiräumen. Die Studierenden machen mit den Übertragungsverfahren wie Modulationsverfahren und Codierung für Optik sowie mit optischen Kanalmodellen Bekanntschaft. Zum Abschluss setzen sie sich mit Anwendungsfeldern in der Raumfahrt, darunter SATCOM (ISL, SGL, Data Relay), Deep-Space-Communications und optische Bodenstationen für den Up- und Downlink auseinander.</p> <p>b) Lehrveranstaltung Parameterschätzung für Kommunikationssysteme (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)</p> <p>Die Studierenden erlernen in dieser Lehrveranstaltung die Grundlagen der Parameterschätzung und Synchronisation im AWGN Kanal. Sie machen mit dem Signalmodell und der statistischen Beschreibung von Signalen und Signalparametern Bekanntschaft. Die Studierenden setzen sich mit der pilotsymbol-basierten Schätzung, der entscheidungsgestützten Schätzung und den Feedforward/Feedback Strukturen als Einflussfaktoren in der Klassifizierung von Schätzverfahren und Schätzern auseinander. Sie diskutieren die Bedeutung, Berechnung und Interpretation der Cramer-Rao-Grenze als theoretisches Vergleichsmaß zur Einordnung der Leistungsfähigkeit von Schätzern. Die Studierenden werden mit der Darstellung der wesentlichen Synchronisationsaufgaben in Übertragungssystemen (Träger/Takt, Frequenz und Phase, Kanalschätzung, Rahmensynchronisation) vertraut gemacht. Sie erlernen beispielhafte Schätzverfahren für die unterschiedlichen Synchronisationsparameter in Abhängigkeit des Modulverfahrens (PSK, QAM) zur Darstellung der Verfahren, Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Analyse des praktischen Aufwands. Die Studierenden erhalten eine Einführung zu Phasenregelschleifen zur Nachregelung von Parameterabweichungen in der Synchronisation und deren Funktionsweise, Stellgrößen und Performancekriterien.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gardner FM: Phaselock Techniques. 3rd edition, John Wiley &amp; Sons, 2005</li> <li>• van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part I. Wiley Interscience, 2001</li> </ul>

- Mengali and D' Andrea: Synchronization Techniques for Digital Receivers. Plenum Press New York, 1997
- Benvenuto N and Cherubini G: Algorithms for Communications Systems and their Applications. John Wiley & Sons, 2003
- Bouchet O, Sizun H, de Fornel CBF, Favennec PN: Free Space Optics. Wiley, 2010

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

**Verwendbarkeit**

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"
- Wahlpflichtmodul MINT

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Messtechnik und Sensorik	1240

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12401	VÜ	Messtechnik und Sensorik	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse der Messtechnik
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis für die Anforderungen, den Aufbau und die Funktionsweise von Sensoren für nichtelektrische Größen für verschiedene Anwendungsbereiche (Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, intelligente und energieeffiziente Gebäudetechnik, etc.). Die Studierenden verstehen die Details des systemischen Zusammenwirkens von Sensorik und Elektrischer Messtechnik und können Messverfahren und Messsysteme eigenständig analysieren. Die Studierenden sind in der Lage, applikationsabhängige Messprobleme durch Auswahl geeigneter Sensoren zu lösen und anforderungsgerechte Messsysteme auszuwählen bzw. entsprechend zu dimensionieren. Die Studierenden können die zu erwartenden Messunsicherheiten ermitteln und die Grenzen des sinnvollen praktischen Einsatzes von bestimmten Sensoren und Messverfahren abschätzen.
Inhalt
Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit den physikalischen Effekten und dem Aufbau von in der messtechnischen Praxis unerlässlichen Sensoren und gibt zudem einen kurzen Einblick in die sich rasant entwickelnde Welt der „Mikro- und Nanosensorik“. Beispielsweise müssen in der Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, der intelligenten Gebäudetechnik, etc. zahlreiche nichtelektrische Größen wie Temperatur, Wärmemenge, Weg, Winkel, Beschleunigung, Kraft, Druck, Durchfluss, Drehzahl, Geschwindigkeit, Gaszusammensetzung und -konzentration, pH-Wert, etc. erfasst werden. Die in der Lehrveranstaltung ebenfalls behandelte akustische und optische Messtechnik hat zudem einen unmittelbaren Zusammenhang mit dem menschlichen Hören und Sehen. Sensoren liefern elektrische Signale, aus denen dann Messwerte und Messergebnisse

<p>mithilfe von geeigneten Messverfahren bestimmt werden können. Bei der Auswahl des Sensors und der Festlegung der Konzeption des gesamten Mess-Systems für eine bestimmte Anwendung spielen die erzielbare Sensitivität und Selektivität sowie die statischen und dynamischen Eigenschaften eine entscheidende Rolle. In der Lehrveranstaltung werden diese Aspekte in Theorie und Praxis behandelt. Darüber hinaus werden auch Maßnahmen und Ansätze besprochen, die nachteilige Einflüsse wie beispielsweise Temperatur(quer)empfindlichkeiten, Rauschen, Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte reduzieren sowie eine geringe Messunsicherheit garantieren helfen.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Schrüfer, L. Reindl, B. Zagar: Elektrische Messtechnik. Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen, 12. Auflage, Carl Hanser Verlag, 2018.</li> <li>• U. Kiencke, R. Eger: Messtechnik, Systemtheorie für Elektrotechniker, 7. Aufl., Springer, 2008.</li> <li>• M. Möser: Messtechnik der Akustik, Springer, 2010.</li> <li>• J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren, 6. Auflage, Vulkan-Verlag GmbH, 2011.</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mp-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Wintertrimesters.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <p>Pflichtmodul im Studiengang EIT und ME. Wahlpflichtmodul für alle anderen Studiengänge.</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>1 Trimester, immer im WT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 1</b>	1846

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18461	VP	Biosignal-Messtechnik	Pflicht	3
18464	VL	Konzepte von Fahrerassistenzsystemen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit in kleinen Teams.
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur zuverlässigen und sicheren Registrierung und Darstellung von Körpersignalen und verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie kennen wesentliche Eigenschaften und Besonderheiten ausgewählter Biosignale wie EKG, EEG, EMG und differenzieren ein breites Spektrum von Anwendungsaspekten. Die Studierenden kennen grundlegende Konzepte und aktuelle Technologien von Fahrerassistenzsystemen und reflektieren kritisch die spezifischen Herausforderungen des Autonomen Fahrens. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.
Inhalt
Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert.

Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 1 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignal-Messtechnik und Konzepte von Fahrerassistenzsystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignal-Messtechnik (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In verschiedenen Lehreinheiten wird die Erfassung und Verarbeitung biologischer Signale unter Verwendung des Biopac-Student-Lab ([www.biopac.com](http://www.biopac.com)) und der PhysioNet-Datenbank demonstriert. Teams von jeweils drei Studierenden führen Messungen sowie Auswertungen selbständig durch und erarbeiten so die einzelnen Lektionen in weitgehend freier Zeiteinteilung. In gemeinsamen Seminarveranstaltungen erörtern die Studierenden charakteristische Eigenschaften biologischer Signale und erarbeiten Techniken zur zuverlässigen Signalregistrierung. Dabei erhalten sie einen Einblick in die physiologischen Grundlagen biologischer Signalquellen und in die für die Messung erforderliche Sensor- und Digitalisierungstechnik. Sie machen sich mit den sicherheitstechnischen Aspekten der Signalerfassung am menschlichen Körper vertraut und erlernen die Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich. Anhand typischer Anwendungsbeispiele aus Medizin, Biowissenschaften und Ambient-Assisted Living werden die Inhalte schließlich konkretisiert und vertieft.

b) Lehrveranstaltung Konzepte von Fahrerassistenzsystemen (Dr. rer. nat. Dietrich Manstetten)

Die Lehrveranstaltung konzentriert sich auf den Kontext der Rolle des Menschen in der Fahrzeugführung und die zur Unterstützung dieser Aufgabe entwickelten technischen Systeme. Aktuelle Fahrerassistenzsysteme (Elektronisches Stabilitäts Programm ESP, Adaptive Cruise Control ACC, Notbremssysteme, Spurhalteunterstützung, Nachtsichtsysteme) werden aus Unfallforschung und Verkehrstheorie motiviert und im Detail erläutert. Die Implikationen für die sich ändernde Rolle des Fahrers werden dargestellt und anhand von informationstechnischen Technologien der Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. der Fahrerzustandserkennung konkretisiert. Die Studierenden erörtern Techniken zur Umwelterfassung und die dazu erforderliche Sensortechnologie. Sie erlernen Methoden zur Modellierung des Fahrerhaltens und erhalten Einblick in den Systemtest mit Fahrsimulatoren und auf Teststrecken. Die Studierenden diskutieren die sinnvolle Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstelle und setzen sich mit technischen wie ethischen Aspekten des autonomen Fahrens auseinander.

#### Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019.
- Rangayyan RM: Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach, Wiley-IEEE Press, 2002
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Bengler K, Drüke J, Hoffmann S, Manstetten D, Neukum A (Eds.) (2017): UR:BAN Human Factors in Traffic - Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic. ATZ/MTZ Fachbuch, Springer-Vieweg, 2017



- Winner H, Hakuli S, Wolf G: Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Verlag Vieweg&Teubner, 2009.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Hinweis: Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige Bearbeitung der Biosignal-Messtechnik-Lehreinheiten im Labor mit Abgabe der Messprotokolle sowie die Bearbeitung einer Hausaufgabe zur Lehrveranstaltung Konzepte von Fahrerassistenzsystemen mit abschließender Ergebnispräsentation.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Micro & Nano Electronics"
- Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul MINT
- Vorbereitung von Masterarbeiten auf dem Gebiet der Biomedizinischen Informationstechnik.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Mobilkommunikation und Radartechnik</b>	2996

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28031	VÜ	Grundlagen der Radartechnik	Pflicht	2,5
60641	VÜ	Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation	Pflicht	2,5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications“, „Funktechnik und mobile Kommunikation“, „Elektromagnetische Felder“ und „Elektrische Leitungen und Wellen“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden verstehen den Aufbau von Mobilfunksystemen, von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen. Die Studierenden haben vertiefenden Kenntnisse über die physikalische Übertragungsebene, Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung und Übertragungsleitungen sowie Mehrantennensysteme und können diese analysieren. Die Studierenden haben einen Überblick über wichtige digitale Rundfunkdienste und derzeitige und im Aufbau befindliche Mobilfunkstandards und verstehen deren Aufbau und Funktionsweise.
Inhalt
Lehrveranstaltung 1: Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation  Diese Vorlesung beschreibt die physikalischen Grundlagen und Rahmenbedingungen der Mobilkommunikation und diskutiert aktuelle Systeme der Mobilkommunikation, welche unter den gegebenen Rahmenbedingungen zuverlässig funktionieren müssen. Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Frequenzbereiche, in welchen Rundfunkdienste und Mobilfunkdienste arbeiten und über die Komponenten dieser Funkübertragungssysteme und lernen, reale Systeme dahingehend zu

<p>klassifizieren. Ein detaillierter Überblick über physikalische Phänomene der drahtlosen Übertragung auf dem Mobilfunkkanal wird ergänzt durch die Betrachtung des Mehrwegekanals sowie verschiedener Diversitystrategien zur Verbesserung der Empfangsqualität. Dies ermöglicht den Studierenden die Analyse realer Systeme und vermittelt ihnen Strategien, die Zuverlässigkeit mobiler Empfangssysteme zu verbessern. Die Studierenden erhalten einen Überblick über verfügbare Zugriffs- und Modulationsverfahren sowie Signalkodierungsarten. Eine vertiefende Darstellung digitaler terrestrischer Rundfunksysteme (bspw. DAB(+), DRM, DVB-T(2), ...) speziell im Hinblick auf die zuvor kennengelernten physikalischen Phänomene gibt einen Einblick in die verwendeten Basisbandkodierungen und Mehrträgerverfahren (COFDM). Eine ausführliche Beschreibung zellulärer Mobilfunkdienste (Systemarchitektur, Aufbau und Rahmenstruktur der verwendeten Signale, Synchronisation und Verbindungsaufbau, Handover, Zeitmultiplexstruktur) vermittelt ein Verständnis komplexer Kommunikationssysteme an den Beispielen GSM, UMTS, LTE(-A), 5G, DECT, TETRA, ...</p> <p>Lehrveranstaltung 2: Praktikum Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation</p> <p>Dieses Praktikum baut auf den Inhalten der Vorlesung auf und bietet einen Einblick in die Funktion moderner mobiler Funksysteme. Anhand von ausgewählten Versuchen werden Szenarien gestörter Funkübertragung mit Simulationen und Messungen analysiert. Die Studierenden erhalten so die Möglichkeit, selbständig Ausbreitungsszenarien von Mobilkommunikationsanwendungen in Simulationen zu untersuchen und deren Ergebnisse zu analysieren.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986</li> <li>• J. Schiller: "Mobilkommunikation", Pearson Studium, 2003</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik: Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 min Dauer (mP-25) am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.</p> <p>Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins (TS) notwendig.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Filter und Array Processing</b>	6060

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60601	VÜ	Digitale Filter	Pflicht	3
60602	VÜ	Array Processing	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in der Digitalen Signalverarbeitung wie sie z.B. im Modul 6050 Signalverarbeitung vermittelt werden
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen vertieftes und fundiertes Wissen in der Analyse des Ein-/ Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich. Sie sind sicher im Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter. Sie sind fähig, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden können digitale Filterkomponenten in Abhängigkeit von der gegebenen Fragestellung auswählen, parametrieren und kritisch hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit bewerten. Sie erhalten die Kompetenz, das erworbene Wissen in voller Anwendungsbreite von Schätzverfahren im Zeit- und Frequenzbereich hinaus auf neue Fragestellungen anzuwenden. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, selbständig Fragestellungen zu den wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse und Parameterschätzung zu bearbeiten. Sie erkennen die breiten Potenziale von Mehrantennensystemen für die gerichtete räumliche Kommunikation und für die Nutzung der räumlichen Dimension als zur Zeit- und Frequenzdimension orthogonale Ausbreitungskomponente und können diese benennen. Die Studierenden können Methoden zur Apertursynthese und modellbasierten Strahlformung wiedergeben und selbstständig auf neue Problemstellungen anwenden.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Digitale Filter (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien zur Analyse und dem Entwurf digitaler Filter bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Signalverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsstrukturen kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Dabei erlernen sie sowohl Verfahren zum Entwurf von FIR-Filtern (Windowing, Frequency-Sampling, Tschebyscheff-Approximation) als auch zum Entwurf von IIR-Filtern (direkte, impulsinvariante und bilineare Transformation). In einem weiteren Kapitel werden die Studierenden mit dem Konzept der adaptiven Filter bekannt gemacht. Dabei werden zunächst exemplarisch das Least-Mean-Squares Verfahren und der Recursive-Least-Squares Algorithmus vorgestellt bevor die Studierenden an das allgemeine Prinzip der Zustandsmodellierung und des Kalman-Filters herangeführt werden. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen (Quantisierungseffekte, Stabilität, Grenzyklen) schließt die Lehrveranstaltung ab.

#### b) Lehrveranstaltung Array Processing (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden grundlegend in die Anwendungsgebiete und Applikationen von Antennenarrays, Beamforming und räumlichen Filtern eingeführt. Hierbei erwerben sie ein Verständnis über uniforme lineare Arrays, zirkulare Arrays, Array Performance Metriken und Antennenelemente sowie deren Eigenschaften. Die Studierenden werden in das Thema Antennenarrays eingeführt und verstehen die unterschiedlichen Syntheseformen. Sie erlernen Array-Polynome und z-Transformation, das räumliche Abtasttheorem, Binomialarrays, Dolph-Chebyshev Arrays und Villeneuve n-Verteilung und setzen sich mit der Least-Squares Fehlermustersynthese, dem Minimax Design, dem Null-Steering, dem Beam-space-Processing und den räumlich non-uniforme lineare Arrays auseinander. Die Studierenden machen sich mit den Grundlagen der planaren Arrays und Aperturen vertraut. Sie diskutieren parametrische und Wavenumber Modelle, Raum-Zeit-Zufallsprozesse und Snapshot Modelle (Frequenz und Zeit) zur Charakterisierung von Space-Time Prozessen. Die Studierenden erlernen die Themengebiete Beamforming, MMSE Estimators, Maximum SNR Estimators, Multiple Plane Wave Signals (MMSE und MVDR Beamformer), Eigenvektor Beamformer und adaptive Beamformer als Grundlagen der Waveform Estimation. Außerdem erlernen sie das Subspace Verfahren (MUSIC, ESPRIT), die Capon Methode und die Minimum-Norm Methode systematisch auf Fragestellungen zu modell- und leistungsbasierter Parameterschätzung anzuwenden. Die Studierenden vergleichen vertieft die MISO-Systeme, Alamouti-Minimum-Norm, MIMO Systeme, Pre-coding und MIMO Entzerrung und beherrschen somit die wesentlichen Themengebiete im Bereich Beamforming als Variante der Mehrantennenkommunikation.

#### Literatur

- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022

- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013
- Stoica P, Moses R: Spectral Analysis of Signals. Pearson Prentice Hall, 2005
- van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part IV. Wiley Interscience, 2001
- Vucetic B and Yuan J: Space-Time Coding. Wiley, 2003

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

**Verwendbarkeit**

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Transmission Security"
- Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.) mit Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK
- Wahlpflichtmodul MINT

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Methoden der Künstlichen Intelligenz</b>	6061

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60611	VÜ	Wissensbasierte Systeme	Pflicht	3
60612	VL	Künstliche Intelligenz - Theorie und Praxis	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in Mathematik (Lineare Algebra, Analysis, Stochastik)
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen im Bereich Künstliche Intelligenz (KI) und Deep Learning und sind in der Lage, ihr Wissen aus der klassischen Informationsverarbeitung mit den Erkenntnissen aus dem KI-Bereich kritisch und differenziert zu vernetzen. Die Studierenden sind mit den wesentlichen Grundsätzen logikbasierter Wissensrepräsentation und Inferenzmechanismen vertraut. Sie kennen die Besonderheiten menschlichen Schlussfolgerns und die verschiedenen Ansätze, menschliches Schließen mathematisch zu modellieren und technisch abzubilden. Die Studierenden kennen die Eigenschaften und speziellen Anforderungen an die KI-Systemen zugrundeliegenden Hardware-Architekturen und verfügen über solide Basiskenntnisse in Entwurf und Anwendung von Neuronalen Netzen und Fuzzy-Inference Systemen. Sie sind vertraut mit den elementaren Methoden des maschinellen Lernens und können deren spezifischen Eigenschaften und Grenzen fundiert einordnen. Dies schließt auch deren Beurteilung im Sinne der Technikfolgenabschätzung mit ein. Die Studierenden sind sicher im selbständigen problemorientierten Arbeiten und verfügen über die Fähigkeit zur fundierten Bewertung und Auswahl verschiedener Konzepte der Wissensverarbeitung.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Wissensbasierte Systeme (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien wissensbasierter und lernfähiger informationstechnischer Systeme bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Informationsverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer ersten Definition des Begriffes „Künstliche Intelligenz“ und einer Übersicht über die betroffenen wissenschaftlichen Disziplinen werden die verschiedenen Ausrichtungen der KI-Forschung vorgestellt und in einem ersten exemplarischen Ansatz anhand des Gebiets der Expertensysteme und des Gebiets der Neuronalen Netze illustriert. Im Anschluss an einen kurzen Exkurs in die Grundlagen der Logik, befassen sich die Studierenden ausführlich mit den Prinzipien der logikbasierten Wissensrepräsentation und den zugehörigen Inferenzmechanismen. Neben Methoden des deduktiven und des unsicheren Schließens werden Techniken zum effizienten Durchsuchen der Wissensbasis vorgestellt. Die Studierenden erlernen das Konzept der Regelbasierten Systeme, welches anhand des Beispiels der Fuzzy-Inferenz-Systeme weiter vertieft wird. Sie werden mit verschiedenen Techniken des maschinellen Lernens zur Klassifikation und Mustererkennung vertraut gemacht und lernen deren spezifischen Stärken und Schwächen in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung gegeneinander abzuwägen. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie massiv parallelen Systemen, FPGA-Architekturen und dedizierten Rechenkernen auf Grafikkarten rundet die Lehrveranstaltung ab.

#### b) Lehrveranstaltung Künstliche Intelligenz – Theorie und Praxis (Prof. Werner Wolf)

Die Lehrveranstaltung beginnt mit einem Seminaranteil, in dem die Studierenden vorgegebene populärwissenschaftliche Publikationen zum Thema Künstliche Intelligenz (KI) analysieren und in eigenen Beiträgen deren Grundaussagen und auch ihre persönliche Beurteilung darstellen. Diese Lehrkomponente zielt darauf ab, dass die Studierenden sich aktiv mit der aktuell sehr regen Diskussion über gesellschaftspolitische und ethische Fragen zur Anwendung von Methoden der Künstlichen Intelligenz auseinandersetzen und damit sich der Perspektive der Technikfolgenabschätzung öffnen. Der zweite Teil der Lehrveranstaltung befasst sich mit dem Lernen und Schließen in neuronalen Netzen, wobei im Sinne der Bionik das biologische Neurosystem dem technisch abstrakten Konstrukt gegenüber gestellt wird. Dies schließt die Diskussion von technikphilosophischen Aspekten wie „Was ist Information?“, „Ist Objektivität in der Wissensverarbeitung durch technische Systeme möglich?“ und „Hat ein neuronales System einen freien Willen“ mit ein. Auch in diesem Teil der Lehrveranstaltung sollen die Studierenden wieder aktiv durch Beiträge mit einbezogen werden. Nachfolgend werden die wesentlichen Kriterien zur praktischen Anwendung von KI-Systemen, nämlich Kosten, Nutzen und prinzipielle Anwendungsmöglichkeiten, beleuchtet. Beispiele mit realen Anwendungen werden die Lehrveranstaltung abschließen.

#### Literatur

- Beierle C., Kern-Isberner G.: Methoden wissensbasierter Systeme - Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen. Springer Vieweg, 2019
- Russell S.J., Norvig P., Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson Education Limited, 2021
- Nielsen M.A.; Neural Networks and Deep Learning, Determination Press, 2015



<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	6062

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12532	VÜ	Übertragungssicherheit	Pflicht	3
13811	VÜ	Nachrichten- und Informationstheorie	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme</li> <li>• Modul 1083: Kommunikationstechnik</li> <li>• Modul 1244: Kommunikationstechnik II</li> <li>• Modul 6051: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen</li> <li>• Modul 3402: Elektromagnetische Felder</li> <li>• Modul 3401: Elektrische Leitungen und Wellen</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:</p> <p>Die Studierenden kennen informationstheoretische Begriffe und Kenngrößen wie Entropie, wechselseitige Information und Kanalkapazität und können diese für verschiedene Kanäle bestimmen. Sie kennen nachrichtentheoretische Konzepte optimaler Empfänger und können zugehörige theoretische Grenzen ableiten. Sie können heute verwendete Verfahren in diese abstrakteren Konzepte einordnen und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage ausgehend von optimalen Empfängerkonzepten aufwandsgünstigere suboptimale Konzepte abzuleiten.</p> <p>Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:</p> <p>Die Studierenden kennen Verfahren und Methoden auf System- und Komponentenebene um die Übertragungssicherheit von Kommunikationssystemen zu bewerten und erlernen Fähigkeiten um Systeme mit erhöhter Übertragungssicherheit zu entwerfen. Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Problemstellungen der Sicherheit moderner Informations-Übertragungssysteme mit dem besonderen Hinblick auf drahtlose</p>

Systeme, welche in den letzten Jahren eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt haben. Hierbei werden zuerst Einschränkungen der Informationsübertragungen durch Störungen sowie der Abhörsicherheit durch elektromagnetische Kopplungseffekte und Übersprechen betrachtet, woraufhin die technischen Lösungen zur Reduzierung dieser Einschränkungen dargestellt werden. Den Studierenden wird die Fähigkeit vermittelt, die Übertragungssicherheit gegebener Systeme einschätzen zu können und als Ingenieure die Strategien zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zu beherrschen.

## Inhalt

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:

Die Studierenden erlernen informationstheoretische Grundbegriffe wie Entropie, bedingte Entropie, wechselseitige Information, Kanalkapazität und deren Berechnung. Sie erlernen in der Praxis verwendete Verfahren einzuordnen und die Gründe für Abweichungen zu den theoretischen Grenzen zu verstehen. Sie sind damit in der Lage Verbesserungspotentiale zu erkennen und mögliche Lösungen dafür zu entwickeln. Die Studierenden lernen die Signalraumdarstellung (Basisfunktionsentwicklung, irrelevante Signalanteile), Detektionsverfahren (MAP, ML, Euklid'sche Distanz, Signalkonstellationen) und optimale Empfängerkonzepte (Vektordemodulator, Korrelationsdemodulator) und die Abschätzung von deren Fehlerwahrscheinlichkeiten kennen und anhand von Beispielen anzuwenden.

Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:

Teil Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (N.N.)

Die Studierenden lernen die Systemmodellierung, Verfahren zur Störunterdrückung im Zeit- und Frequenzbereich (Störimpulsaustastung, Bandsperre), störresistente Bandspreizverfahren (Direct-Sequence-Spread-Spectrum, Frequency-Hopping) und deren Verhalten bei verschiedenen Störarten (Breitbandstörer, Schmalbandstörer, Pulsstörer) kennen und anhand von Beispielen anzuwenden und entsprechende Kenngrößen zu bestimmen. Sie erlernen die entsprechenden Systemparameter aus Anforderungen zu berechnen.

Teil Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

Die Studierenden lernen Beeinträchtigungen der Übertragungsstrecke durch Störungen, Rauschen, Fading und Jamming kennen. Sie lernen elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und entsprechende Entkopplungsmaßnahmen, Schirmung und Filterung kennen. Rauschquellen und dazugehörige Abhilfemaßnahmen werden erlernt. Kenntnisse von Antennendiversity und intelligenten Antennenkonzepten werden vermittelt. Die erlernten Kenntnisse und Methoden werden anhand von Beispielen angewandt und vertieft.

## Literatur

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie

- Wozencraft, Jacobs: „Principles of Communication Engineering“, John Wiley 1965
- Gallager: "Principles of Digital Communication", Cambridge University Press, 2008

<b>Lehrveranstaltung</b> Übertragungssicherheit
<ul style="list-style-type: none"><li>• Simon, Omura, Scholtz: "Spread Spectrum Communications Handbook", McGraw-Hill, 2001</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 min (2x45min) Dauer (sP-90)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Pflichtmodul ME, Vertiefung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 2</b>	6067

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18462	VÜ	Biosignalverarbeitung	Pflicht	3
18463	VL	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung, wie sie im Modul 1846 Biomedizinische Informationstechnik 1 vermittelt werden</li> <li>MATLAB-Grundkenntnisse sind wünschenswert</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur sicheren Modellierung, Verarbeitung und Interpretation biologischer Signale. Sie sind mit möglichen Störquellen vertraut und besitzen die Fähigkeit, registrierte Signale kritisch auf Artefakte zu hinterfragen und die Gefahr möglicher Fehlinterpretationen fundiert einzuschätzen. Sie sind sicher im Umgang mit ausgewählten Werkzeugen der Biosignalverarbeitungskette, reflektieren deren Stärken und Schwächen und sind in der Lage, diese Werkzeuge auch bei neuen Fragestellungen gezielt einzusetzen. Die Studierenden können menschliche Verhaltensaspekte in der Interaktion mit IT-Systemen fundiert beurteilen und sind fähig, diese zu modellieren und beim Entwurf von IT-Systemen gezielt zu berücksichtigen. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team</p>

Inhalt
<p>Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion</p>

einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert. Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 2 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignalverarbeitung und Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude):

In der Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung werden, nach einer kurzen Einführung in die Basiswerkzeuge der digitalen Signalverarbeitung, die klassischen Stufen der Biosignalverarbeitungskette von der optimalen Signalaufbereitung bis hin zur Klassifikation und Entscheidungsfindung erörtert. Dabei werden ausgewählte Methoden der Biosignalverarbeitung vorgestellt, die die Studierenden dann selbst in einer MATLAB-Umgebung implementieren und auf synthetische und reale Biosignale anwenden. Dabei konzentriert sich die Lehrveranstaltung neben der Modellierung biomedizinischer Signalquellen auf lineare und nichtlineare Methoden zur Signalanalyse und Merkmalsextraktion, Überwachungs- und Algorithmen sowie Methoden zur Mustererkennung und Diagnoseunterstützung. Abschließend werden Strategien für die ambulante Erfassung von Langzeitdaten vorgestellt.

b) Lehrveranstaltung Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen(n.n.):

Die Lehrveranstaltung befasst sich mit Konzepten der menschlichen Informationsverarbeitung und der menschlichen Physiologie und deren Abbildung in Informationssystemen. Ausgehend von Beispielen der Fahrermodellierung und der Beschreibung menschlichen Verhaltens in Sicherheitssystemen werden grundlegende Modellierungsprinzipien und -vorgehensweisen detailliert erläutert. Die informationstechnischen Verfahren werden in den Beispieldomänen um menschliche Verhaltensaspekte (human factors) erweitert. Die Studierenden analysieren die „Funktionsweise“ des Menschen und erörtern wichtige Konzepte zur Modellierung des Menschen als Regelelement.

#### Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019
- Bruce EN: Biosignal Processing and Signal Modelling. Wiley, New York, 2001
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials
- Bungartz HJ, Zimmer S, Buchholz M, Pflüger D: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung. Verlag Springer, 2009
- B. Schneider, „Die Simulation menschlichen Panikverhaltens - Ein Agenten-basierter Ansatz“. Verlag Vieweg&Teubner, Wiesbaden, 2011.

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Micro &amp; Nano Electronics"</li><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li><li>• Vorbereitung von Masterarbeiten auf dem Gebiet der Biomedizinischen Informationstechnik.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Schaltungssimulation	1293

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Roland Pfeiffer	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12931	VÜ	Schaltungssimulation	Wahlpflicht	2
12932	P	Schaltungssimulation	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt werden (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Vorlesung gibt einen erweiterten Einblick in die Grundlagen der mathematischen Methoden der Schaltungssimulation. Die Studierenden gewinnen zudem durch das Praktikum die Fähigkeit, mit Hilfe eines Simulationsprogramms auch aufwendige Schaltungen durch Simulation zu entwickeln und zu dimensionieren sowie ihre Funktionsfähigkeit zu verifizieren.
Gute Grundlage für Master-Arbeiten im Bereich des Schaltungsentwurfs bietet diese Vorlesung/Praktikum.
Inhalt
Der Schwerpunkt der Vorlesung und des Praktikums liegt in der Analogtechnik und behandelt die folgenden Themen:
1. Vorlesung:
Die Studierenden erwerben umfassende Kenntnisse über mathematische Methoden der Schaltungssimulation unter besonderer Berücksichtigung des Schaltungssimulator PSPICE. Die Studierenden lernen der Grundeigenschaften analoger MOS-Schaltungen, insbesondere Verstärkerschaltungen kennen sowie die numerische Ausdrücke für die Grundeigenschaften und die Kenngrößen. Es werden Bandgap-Schaltungen,



<p>Mixerschaltungen und Oszillatorschaltungen als Beispiele für die erweiterten Simulationsmöglichkeiten von PSPICE eingeführt. Als Vorbereitung auf die Monte-Carlo-Analyse und Worst-Case-Analyse von PSPICE wird der Einfluss des Layouts auf analoge Schaltungen (Mismatch) bekannt gemacht. In exemplarischer Weise werden Probleme und Lösungen zukünftiger analoger MOS-Schaltungen eingeführt.</p> <p>2. Praktikum:</p> <p>In diesem Praktikum wird ein intensives Kennenlernen des Schaltungssimulationsprogramms PSPICE präsentiert. Die Überprüfung durch geeignete PSPICE-Simulation der in der Vorlesung aufgestellten numerischen Ausdrücken wird geklärt. Dazu wird von einem Inverter-Verstärker über OTA bis zum Miller-Verstärker die Schaltungen analysiert. An weiteren Analyse-Arten von PSPICE werden Temperaturanalyse, Rauschanalyse, Fourieranalyse, Monte-Carlo-Analyse, Worst-Case-Analyse, Transfer-Analyse und Sensitivity-Analyse besprochen. Oszillator-Schaltungen (Ringoszillator) und ABM-Bauelemente (unter anderem Phase-Locked-Loop-Erstellung) sowie Transmission Line werden analysiert. Die Layouterstellung wird exemplarisch mit dem Layoutprogramm „Microwind“ gezeigt. Die Simulation zukünftiger analoger CMOS-Schaltungen wird untersucht.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurt Hoffmann: "Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung", ISBN-13: 978-3486578942 Oldenbourg Verlag,</li> <li>• Behzad Razavi: "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", ISBN-13: 978-0071188395 Mcgraw-Hill Higher Education Verlag,</li> <li>• John Keown: "OrCAD Pspice and Circuit Analysis", ISBN-13: 978-0130157959 Prentice-Hall Verlag,</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Vorlesung: Schriftliche Prüfung von 45 Minuten Dauer (sP-45) oder mündliche Prüfung von 15 Minuten Dauer (mP-15) am Trimesterende (sP-45 oder mP-15). Die Festlegung der Prüfungsart erfolgt zu Beginn des Moduls.</p> <p>Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins notwendig. ( 3 ECTS-LP)</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 1</b>	1846

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18461	VP	Biosignal-Messtechnik	Pflicht	3
18464	VL	Konzepte von Fahrerassistenzsystemen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit in kleinen Teams.
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur zuverlässigen und sicheren Registrierung und Darstellung von Körpersignalen und verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie kennen wesentliche Eigenschaften und Besonderheiten ausgewählter Biosignale wie EKG, EEG, EMG und differenzieren ein breites Spektrum von Anwendungsaspekten. Die Studierenden kennen grundlegende Konzepte und aktuelle Technologien von Fahrerassistenzsystemen und reflektieren kritisch die spezifischen Herausforderungen des Autonomen Fahrens. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.
Inhalt
Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert.

Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 1 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignal-Messtechnik und Konzepte von Fahrerassistenzsystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignal-Messtechnik (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In verschiedenen Lehreinheiten wird die Erfassung und Verarbeitung biologischer Signale unter Verwendung des Biopac-Student-Lab ([www.biopac.com](http://www.biopac.com)) und der PhysioNet-Datenbank demonstriert. Teams von jeweils drei Studierenden führen Messungen sowie Auswertungen selbständig durch und erarbeiten so die einzelnen Lektionen in weitgehend freier Zeiteinteilung. In gemeinsamen Seminarveranstaltungen erörtern die Studierenden charakteristische Eigenschaften biologischer Signale und erarbeiten Techniken zur zuverlässigen Signalregistrierung. Dabei erhalten sie einen Einblick in die physiologischen Grundlagen biologischer Signalquellen und in die für die Messung erforderliche Sensor- und Digitalisierungstechnik. Sie machen sich mit den sicherheitstechnischen Aspekten der Signalerfassung am menschlichen Körper vertraut und erlernen die Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich. Anhand typischer Anwendungsbeispiele aus Medizin, Biowissenschaften und Ambient-Assisted Living werden die Inhalte schließlich konkretisiert und vertieft.

b) Lehrveranstaltung Konzepte von Fahrerassistenzsystemen (Dr. rer. nat. Dietrich Manstetten)

Die Lehrveranstaltung konzentriert sich auf den Kontext der Rolle des Menschen in der Fahrzeugführung und die zur Unterstützung dieser Aufgabe entwickelten technischen Systeme. Aktuelle Fahrerassistenzsysteme (Elektronisches Stabilitäts Programm ESP, Adaptive Cruise Control ACC, Notbremssysteme, Spurhalteunterstützung, Nachtsichtsysteme) werden aus Unfallforschung und Verkehrstheorie motiviert und im Detail erläutert. Die Implikationen für die sich ändernde Rolle des Fahrers werden dargestellt und anhand von informationstechnischen Technologien der Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. der Fahrerzustandserkennung konkretisiert. Die Studierenden erörtern Techniken zur Umwelterfassung und die dazu erforderliche Sensortechnologie. Sie erlernen Methoden zur Modellierung des Fahrerhaltens und erhalten Einblick in den Systemtest mit Fahrsimulatoren und auf Teststrecken. Die Studierenden diskutieren die sinnvolle Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstelle und setzen sich mit technischen wie ethischen Aspekten des autonomen Fahrens auseinander.

#### Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019.
- Rangayyan RM: Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach, Wiley-IEEE Press, 2002
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Bengler K, Drüke J, Hoffmann S, Manstetten D, Neukum A (Eds.) (2017): UR:BAN Human Factors in Traffic - Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic. ATZ/MTZ Fachbuch, Springer-Vieweg, 2017

- Winner H, Hakuli S, Wolf G: Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Verlag Vieweg&Teubner, 2009.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Hinweis: Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige Bearbeitung der Biosignal-Messtechnik-Lehreinheiten im Labor mit Abgabe der Messprotokolle sowie die Bearbeitung einer Hausaufgabe zur Lehrveranstaltung Konzepte von Fahrerassistenzsystemen mit abschließender Ergebnispräsentation.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Micro & Nano Electronics"
- Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul MINT
- Vorbereitung von Masterarbeiten auf dem Gebiet der Biomedizinischen Informationstechnik.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Werkstoffe der Elektrotechnik</b>	1899

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18991	VÜ	Werkstoffe der Elektrotechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Der Stoff des Bachelormoduls Physik wird vorausgesetzt.
- Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik sind hilfreich.
- Der Inhalt des Moduls Halbleitertechnologie ist hilfreich.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- beschreiben Werkstoffe anhand ihrer strukturellen, mechanischen, elektrischen, optischen, thermischen und chemischen Eigenschaften.
- erkennen die unterschiedlichen Werkstoffklassen richtig.
- identifizieren Zusammenhänge zwischen mikroskopischer Struktur und makroskopischen Eigenschaften der Werkstoffe.
- stellen Prüfverfahren richtig dar.
- wählen passende Prüfverfahren für unterschiedliche Werkstoffeigenschaften aus.
- wenden Prüfverfahren unter Anleitung an.
- analysieren Schäden anhand passender Prüfverfahren.
- beurteilen Messergebnisse kritisch.
- experimentieren selbständig im Labor zu Themen der Werkstoffherstellung und –analyse.
- planen den Einsatz der adäquaten Werkstoffe in der elektrotechnischen Fertigung.

#### Inhalt

Gegenstand der Vorlesung ist der Aufbau von Werkstoffen, beginnend auf atomarer Ebene. Der Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und physikalischen Eigenschaften der Materie wird herausgearbeitet. Die mechanischen, elektrischen, optischen, thermischen und chemischen Eigenschaften der verschiedenen Arten von Werkstoffen sowie gängige Prüfverfahren werden durchgenommen und durch fachpraktische Anteile wie Experimente und Übungen intensiviert. Die Laborexperimente werden zu

Hause ausgearbeitet und in der Übung kritisch diskutiert und nachbereitet. Weitere wichtige Punkte sind die Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung von Werkstoffen als auch die Auswahl von Werkstoffen für verschiedene zeitgemäße spezielle Anwendungen. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf Werkstoffen, die in der Elektrotechnik Anwendung finden, es werden aber auch Zusammenhänge und Parallelen zu anderen Ingenieurwissenschaften aufgezeigt.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ivers-Tiffée, v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik, 10. Auflage, Teubner, 2007</li><li>• G. Fasching, Werkstoffe für die Elektrotechnik: Mikrophysik, Struktur, Eigenschaften, 4. Auflage, Springer, Wien, 2004</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP(60)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen</b>	3698

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12501	VÜ	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt werden. (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen die Grundlagen der Zuverlässigkeit von elektronischen Bauelementen und Schaltungen. Sie bewerten die Zuverlässigkeit sicherheitsrelevanter Anwendungen und haben ein Verständnis der Qualitätsanforderungen in der Massenfertigung.
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wahrscheinlichkeitstheorie (Verteilungen, Zufallsgesetze), Definitionen (Zuverlässigkeit, Ausfallraten, usw.), Vorschriften für Zuverlässigkeit und Qualifikation von Integrierten Schaltungen sind als Grundlagen den Studierenden bekannt.</li> <li>Einen Überblick über die Zuverlässigkeit von Schaltungen (digital und analog) wird mittels Auswirkungen von Prozeßschwankungen, Alterung und Störungen im Betrieb gegeben.</li> <li>Auf der Basis von Simulation der Zuverlässigkeit entwerfen die Studierenden robuste Schaltungen.</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Handbook for Robustness Validation of Semiconductor Devices in Automotive Applications Published by: ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association) Electronic Components and Systems Division, <a href="http://www.zvei.org">www.zvei.org</a></li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• B. Bertsche et al.: "Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009 (<a href="http://www.springerlink.com/content/n1jh01/">http://www.springerlink.com/content/n1jh01/</a>)</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche (25min) oder schriftliche Modulprüfung (75min) am Ende des WTs. Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des FTs. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT



Modulname	Modulnummer
<b>Integrierte Schaltungen</b>	6059

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12461	VÜ	Integrierte Schaltungen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und digitalen Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt wird (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein Verständnis der Grundlagen des Entwurfs integrierter Schaltungen und von CMOS Technologien. Die Studierenden haben eine Befähigung zur Simulation und zur Verifikation integrierter Schaltungen. Die Studierenden haben einen Einblick in die analoge und digitale Schaltungstechnik.
Inhalt
Die Studierenden werden mit den Grundlagen der CMOS Technologien bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die elektrischen Entwurfsregeln. Die Studierenden werden mit den Grundlagen der Simulation integrierter Schaltungen bekannt gemacht. Die Studierenden lernen statistische Methoden für den Entwurf integrierter Schaltungen und das Layout integrierter Schaltungen. Parameter Extraktion und „pre-silicon“ Verifikation werden eingeführt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Behzad Razavi, Microelectronics, 2nd Edition International Student Version, ISBN: 978-1-118-16506-5</li> <li>Skript zur Vorlesung „Integrierte Schaltungen“, Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik, <a href="http://www.unibw.de/ims/vorlesungen">www.unibw.de/ims/vorlesungen</a></li> <li>P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley &amp; Sons, 4. Aufl., 2001</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Kurt Hoffmann, „Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung“, ISBN 3-486-57894-4, Oldenbourg-Verlag München, München/Wien 2006 (2. Auflage)</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche (25min) oder schriftliche Modulprüfung (75min) am Ende des WTs. Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des FTs. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 2</b>	6067

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18462	VÜ	Biosignalverarbeitung	Pflicht	3
18463	VL	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung, wie sie im Modul 1846 Biomedizinische Informationstechnik 1 vermittelt werden</li> <li>MATLAB-Grundkenntnisse sind wünschenswert</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur sicheren Modellierung, Verarbeitung und Interpretation biologischer Signale. Sie sind mit möglichen Störquellen vertraut und besitzen die Fähigkeit, registrierte Signale kritisch auf Artefakte zu hinterfragen und die Gefahr möglicher Fehlinterpretationen fundiert einzuschätzen. Sie sind sicher im Umgang mit ausgewählten Werkzeugen der Biosignalverarbeitungskette, reflektieren deren Stärken und Schwächen und sind in der Lage, diese Werkzeuge auch bei neuen Fragestellungen gezielt einzusetzen. Die Studierenden können menschliche Verhaltensaspekte in der Interaktion mit IT-Systemen fundiert beurteilen und sind fähig, diese zu modellieren und beim Entwurf von IT-Systemen gezielt zu berücksichtigen. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team</p>

Inhalt
<p>Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion</p>

einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert. Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 2 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignalverarbeitung und Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude):

In der Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung werden, nach einer kurzen Einführung in die Basiswerkzeuge der digitalen Signalverarbeitung, die klassischen Stufen der Biosignalverarbeitungskette von der optimalen Signalaufbereitung bis hin zur Klassifikation und Entscheidungsfindung erörtert. Dabei werden ausgewählte Methoden der Biosignalverarbeitung vorgestellt, die die Studierenden dann selbst in einer MATLAB-Umgebung implementieren und auf synthetische und reale Biosignale anwenden. Dabei konzentriert sich die Lehrveranstaltung neben der Modellierung biomedizinischer Signalquellen auf lineare und nichtlineare Methoden zur Signalanalyse und Merkmalsextraktion, Überwachungs- und Algorithmen sowie Methoden zur Mustererkennung und Diagnoseunterstützung. Abschließend werden Strategien für die ambulante Erfassung von Langzeitdaten vorgestellt.

b) Lehrveranstaltung Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen(n.n.):

Die Lehrveranstaltung befasst sich mit Konzepten der menschlichen Informationsverarbeitung und der menschlichen Physiologie und deren Abbildung in Informationssystemen. Ausgehend von Beispielen der Fahrermodellierung und der Beschreibung menschlichen Verhaltens in Sicherheitssystemen werden grundlegende Modellierungsprinzipien und -vorgehensweisen detailliert erläutert. Die informationstechnischen Verfahren werden in den Beispieldomänen um menschliche Verhaltensaspekte (human factors) erweitert. Die Studierenden analysieren die „Funktionsweise“ des Menschen und erörtern wichtige Konzepte zur Modellierung des Menschen als Regelelement.

#### Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019
- Bruce EN: Biosignal Processing and Signal Modelling. Wiley, New York, 2001
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials
- Bungartz HJ, Zimmer S, Buchholz M, Pflüger D: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung. Verlag Springer, 2009
- B. Schneider, „Die Simulation menschlichen Panikverhaltens - Ein Agenten-basierter Ansatz“. Verlag Vieweg&Teubner, Wiesbaden, 2011.

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Micro &amp; Nano Electronics"</li><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li><li>• Vorbereitung von Masterarbeiten auf dem Gebiet der Biomedizinischen Informationstechnik.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Neuartige Bauelemente und deren Zuverlässigkeit	6068

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro & Nano Electronics (tbc)- EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	-	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12541	VÜ	Advanced MOSFETs and Novel Devices	Pflicht	3
12542	VÜ	Zuverlässigkeit in der Halbleitertechnologie	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik und Mathematik aus dem Bachelor-Studiengang
Qualifikationsziele
Die Studierenden lernen, aus welchen technologischen und ökonomischen Gründen eine spezielle Bauelemententechnologie (CMOS) für die Halbleiterelektronik einen dominanten Marktanteil von etwa 90% erreicht hat und welche Vor- und Nachteile alternative Bauelementkonzepte aufweisen. Für diese Bauelemente werden die Grundlagen zur Bewertung der Zuverlässigkeit (Einhaltung der kundenspezifischen Anforderungen über die Lebensdauer) und sicherheitstechnische Aspekte anhand von industriellen Beispielen vermittelt. Die Studierenden sollen nach der Vorlesung in der Lage sein, am Beispiel der Halbleiterbauelemente Qualitäts- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dabei sollen übliche Werkzeuge (Software, statistische Methoden) mit in die Untersuchungen einbezogen werden können. Außerdem soll die Fähigkeit vorhanden sein, aus den Untersuchungen mögliche Fehlermechanismen zu bestimmen.
Inhalt
Im Teil 1 des Moduls werden die historische Entwicklung der MOSFETs zu "mainstream"-Bauelementen unter physikalischen, technologischen und ökonomischen Aspekten aufgezeigt. Die Eigenschaften klassischer Langkanal- und Kurzkanal-MOSFETs mit Kurzkanal-Effekten und Skalierungsregeln werden diskutiert. Als Grundlage für zukünftige Bauelemente werden die Grundlagen des Ladungsträgertransportes (Drift-Diffusion, Hydrodynamischer Transport, Quantenmechanik) vermittelt. Mögliche neue MOSFET-Bauelemente und deren Charakteristika (strain engineering, metal gate, high-k dielectrics,

<p>steep-slope devices, vertical MOSFETs, double-gate, fully-depleted MOSFETs) werden gegenüber neuartigen Bauelementen, wie den Hot-Electron Transistors, Spintronic devices, Tunneling transistors, Low-dimensional devices, Coulomb-blockade devices, Single-electron transistor, memory and logic applications, diskutiert.</p> <p>Im Teil 2 des Moduls werden in Erweiterung von Teil 1 die Grundlagen inklusive der statistischen Methoden (Stichprobenauswertung, Weibull-Verteilung) für die Bestimmung der Qualität und Zuverlässigkeit (Ausfallraten, Fits) von Produkten und Prozessen der Halbleiterindustrie vermittelt. Darüber hinaus werden mögliche Ausfallmechanismen für Halbleiterbauelemente diskutiert.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sze: Physics of Semiconductor Devices, Wiley, 1981-2007</li><li>• Deleonibus: Electronic Device Architectures for the Nano-CMOS Era, Pan Stanford Publishing, 2009</li><li>• McPherson: Reliability Physics and Engineering, Springer, 2010</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min am Ende des vierten Trimesters (sP-90 oder mP-30). Die genaue Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
MINT-vernetzt (EIT)	2997

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mint vernetzt - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
900	360	540	30

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
29971	PRO	Projekt/Forschungsarbeit	Pflicht	15
29972	V/Ü/P	Module/Veranstaltungen aus MINT/WOW	Pflicht	15
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>30</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
Immatrikulation im Master-Studiengang EIT
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und Physik, wie im B.Sc. Studium vermittelt</li> <li>• Zugang nach Verfahren definiert in Präambel des Modulhandbuches (M.Sc. EIT)</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Im Modul "MINT-vernetzt (EIT)" erwerben Studierende die Kompetenz, einen definierten Forschungsbereich durch die Kombination von Lehrveranstaltungen und einer Projektarbeit ganzheitlich zu verstehen und das Gelehrte direkt in einer technischen Anwendung zu verarbeiten. Dadurch erhält der/die Studierende Kompetenzen im Bereich des Projektmanagements und erlernt Fähigkeiten im Bereich der Koordination von Teamarbeit.</p> <p>Er/sie wird in die Lage versetzt, Erkenntnisse aus verschiedenen Fachbereichen für seine/ihre Arbeit zu bewerten und die Wichtigkeit der Interdisziplinarität zu erkennen.</p> <p>Es werden die Grundlagen dafür gelegt, basierend auf einer Forschungsaufgabe, in Zusammenarbeit mit einem Projektleiter die bestmögliche Lösung für eine bestimmte Problemstellung zu finden.</p> <p>Dieser Studiengang verstärkt das fachliche Wissen der Studierenden, und erweitert den Horizont der EIT-Studierenden in Bezug auf die Transparenz der MINT/WOW Gebiete.</p>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• In diesem Modul werden die Studierenden anhand eines Forschungsprojektes und begleitender Lehrveranstaltungen in die fachlichen Spezifikationen eines größeren</li> </ul>



wissenschaftlichen Projektes eingeführt. Sie erhalten Kenntnisse zum Einsatz dieses Wissens und zur Methodik der Auswahl geeigneter Arbeitsmethoden.

- Sie erhalten eine Einführung die selbstständige Bearbeitung von Projekten.
- Projektbegleitende Lehrveranstaltungen vermitteln das fachliche Wissen für die Durchführung dieses Projektes.
- Technische Projektziele werden erreicht und beschrieben.
- Projektmanagementaufgaben werden bearbeitet.

Das Thema des Forschungsprojektes wird von einem Projektleiter definiert, der sowohl das Thema der Projektarbeit bestimmt, wie auch die zu besuchenden Veranstaltungen.

Das Thema für das „MINT vernetzt“ Projekt wird jeweils im Januar eines Studienjahres bekannt gegeben. Die Studierenden können sich auf diese Themen bewerben. Der Zugang ist begrenzt. Die Auswahl der angebotenen Themen wie auch der studentischen Teilnehmer trifft der Prüfungsausschuss EIT (M.Sc.)

<b>Literatur</b>
Empfehlungen durch Projektleiter
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (zusammengesetzt aus den Einzelnachweisen).
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "MINT vernetzt"</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „MINT vernetzt“</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
4 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	6062

Konto	Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mint vernetzt - EIT 2023
-------	--

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12532	VÜ	Übertragungssicherheit	Pflicht	3
13811	VÜ	Nachrichten- und Informationstheorie	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme
- Modul 1083: Kommunikationstechnik
- Modul 1244: Kommunikationstechnik II
- Modul 6051: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen
- Modul 3402: Elektromagnetische Felder
- Modul 3401: Elektrische Leitungen und Wellen

#### Qualifikationsziele

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:

Die Studierenden kennen informationstheoretische Begriffe und Kenngrößen wie Entropie, wechselseitige Information und Kanalkapazität und können diese für verschiedene Kanäle bestimmen. Sie kennen nachrichtentheoretische Konzepte optimaler Empfänger und können zugehörige theoretische Grenzen ableiten. Sie können heute verwendete Verfahren in diese abstrakteren Konzepte einordnen und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage ausgehend von optimalen Empfängerkonzepten aufwandsgünstigere suboptimale Konzepte abzuleiten.

Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:

Die Studierenden kennen Verfahren und Methoden auf System- und Komponentenebene um die Übertragungssicherheit von Kommunikationssystemen zu bewerten und erlernen Fähigkeiten um Systeme mit erhöhter Übertragungssicherheit zu entwerfen. Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Problemstellungen der Sicherheit moderner Informations-Übertragungssysteme mit dem besonderen Hinblick auf drahtlose

Systeme, welche in den letzten Jahren eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt haben. Hierbei werden zuerst Einschränkungen der Informationsübertragungen durch Störungen sowie der Abhörsicherheit durch elektromagnetische Kopplungseffekte und Übersprechen betrachtet, woraufhin die technischen Lösungen zur Reduzierung dieser Einschränkungen dargestellt werden. Den Studierenden wird die Fähigkeit vermittelt, die Übertragungssicherheit gegebener Systeme einschätzen zu können und als Ingenieure die Strategien zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zu beherrschen.

## Inhalt

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:

Die Studierenden erlernen informationstheoretische Grundbegriffe wie Entropie, bedingte Entropie, wechselseitige Information, Kanalkapazität und deren Berechnung. Sie erlernen in der Praxis verwendete Verfahren einzuordnen und die Gründe für Abweichungen zu den theoretischen Grenzen zu verstehen. Sie sind damit in der Lage Verbesserungspotentiale zu erkennen und mögliche Lösungen dafür zu entwickeln. Die Studierenden lernen die Signalraumdarstellung (Basisfunktionsentwicklung, irrelevante Signalanteile), Detektionsverfahren (MAP, ML, Euklid'sche Distanz, Signalkonstellationen) und optimale Empfängerkonzepte (Vektordemodulator, Korrelationsdemodulator) und die Abschätzung von deren Fehlerwahrscheinlichkeiten kennen und anhand von Beispielen anzuwenden.

Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:

Teil Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (N.N.)

Die Studierenden lernen die Systemmodellierung, Verfahren zur Störunterdrückung im Zeit- und Frequenzbereich (Störimpulsaustastung, Bandsperre), störresistente Bandspreizverfahren (Direct-Sequence-Spread-Spectrum, Frequency-Hopping) und deren Verhalten bei verschiedenen Störarten (Breitbandstörer, Schmalbandstörer, Pulsstörer) kennen und anhand von Beispielen anzuwenden und entsprechende Kenngrößen zu bestimmen. Sie erlernen die entsprechenden Systemparameter aus Anforderungen zu berechnen.

Teil Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

Die Studierenden lernen Beeinträchtigungen der Übertragungsstrecke durch Störungen, Rauschen, Fading und Jamming kennen. Sie lernen elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und entsprechende Entkopplungsmaßnahmen, Schirmung und Filterung kennen. Rauschquellen und dazugehörige Abhilfemaßnahmen werden erlernt. Kenntnisse von Antennendiversity und intelligenten Antennenkonzepten werden vermittelt. Die erlernten Kenntnisse und Methoden werden anhand von Beispielen angewandt und vertieft.

## Literatur

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie

- Wozencraft, Jacobs: „Principles of Communication Engineering“, John Wiley 1965
- Gallager: "Principles of Digital Communication", Cambridge University Press, 2008

<b>Lehrveranstaltung</b> Übertragungssicherheit
<ul style="list-style-type: none"><li>• Simon, Omura, Scholtz: "Spread Spectrum Communications Handbook", McGraw-Hill, 2001</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 min (2x45min) Dauer (sP-90)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Pflichtmodul ME, Vertiefung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>FEM in der Antriebstechnik</b>	1223

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12231	VL	FEM in der Antriebstechnik I (Theorie)	Pflicht	2
12232	UE	FEM in der Antriebstechnik II (Anwendungen)	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlangen Kenntnisse über numerische Berechnungsverfahren mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM). Sie erhalten eine Einführung in spezielle FEM-Software-Produkte wie ANSYS oder OPERA. Die Studierenden lernen, Lösungsstrategien für elektromagnetische, thermische und akustische Problemstellungen zu entwickeln. Sie werden in die Lage versetzt, Ergebnisse aus numerischen Berechnungen zu beurteilen und darzustellen.
Inhalt
Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Methode der Finiten Elemente (FEM). Sie verstehen die Bedeutung und die Relevanz der Maxwell'schen Gleichungen für technische Aufgabenstellungen. Die Studierenden lernen, verschiedene FEM-Software-Produkte wie ANSYS oder OPERA anzuwenden. Darunter fallen folgende Fertigkeiten:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung des magnetischen Kreises von elektrischen Maschinen</li> <li>• Berechnung von Temperaturverläufen in elektrischen Maschinen</li> <li>• Modellbildung</li> <li>• Erstellung des Gitternetzes</li> <li>• Berücksichtigung nichtlinearer Materialeigenschaften</li> </ul>

- Berechnung wichtiger Auslegungsgrößen (Induktion, Drehmoment, Erwärmung)

Das erworbene Wissen wird anhand von konkreten Anwendungsbeispielen von hochausgenutzten elektrischen Maschinen für Elektrofahrzeuge geübt und vertieft, wie z.B. den permanenten Synchronmaschinen oder den geschalteten Reluktanzmaschinen.

#### Literatur

- G. Dajaku: Vorlesungsskript „FEM in der Antriebstechnik“, UniBw München, EAA, 2010
- W. Schätzing: „FEM für Praktiker - Band 4: Elektrotechnik“, 2.Auflage, Expert-Verlag, Renningen, 2009

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 45 - 120 min. Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15 - 40 min. Dauer (mP-15-40), kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmechein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Mobility"
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik</b>	1224

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12241	SE	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik/Mechatronik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die erworbenen theoretischen Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen sollen vertieft und angewendet werden. Die Studierenden sollen technische Fragestellungen in Teamarbeit eigenständig lösen. Sie erhalten Einblicke in die Organisation von Projektarbeit und lernen Präsentationstechniken kennen.
Inhalt
Die Studierenden wenden ihr Wissen über elektrische Antriebssysteme in Kraftfahrzeugen für spezielle Fragestellungen an. Sie erarbeiten Lösungsstrategien für die technische Realisierung unterschiedlicher Antriebskonzepte, beginnend bei der Auswahl verschiedener Motortopologien bis hin zum Vergleich unterschiedlicher Sensortechnologien. Die Studierenden fertigen technische Beschreibungen an und erstellen Projektstrukturpläne und Organigramme.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Unterlagen zum Seminar „Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik“, UniBw München, EAA, 2009</li> <li>• G. Schmitz: „Mechatronik im Automobil 2. Aktuelle Trends in der Systementwicklung für Automobile“ Expert-Verlag, Renningen, 2003</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 45-120 min Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15-40 min Dauer (mP-15-40), kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmechein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul aus dem allgemeinen Wahlpflichtmodulkatalog nach den zugehörigen Modulhandbüchern für die Master-Studiengänge: <ul style="list-style-type: none"><li>• Elektrotechnik und Informationstechnik (M.Sc.)</li><li>• Mathematical Engineering (M.Sc.) - Vertiefungsrichtung „Mechatronik“</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem Semester



Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Elektrische Antriebe</b>	1226

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12261	P	Praktikum Elektrische Antriebe	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen oder dem Modul „Praktikum: Elektrische Maschinen“ aus dem M.Sc.-Studiengang vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden vertiefen die theoretischen Grundlagen aus den Vorlesungen und werden in die Lage versetzt, diese praktisch anzuwenden. Sie erlangen Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an elektrischen Antrieben und bekommen einen Einblick in die Ingenieurpraxis.
Inhalt
Die Studierenden führen messtechnische Untersuchungen des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen durch. Folgende Antriebssysteme werden hierbei behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromrichter gesteuerte Antriebe</li> <li>• Gleichstromantrieb mit Umkehrstromrichter</li> <li>• Stromrichtermotor</li> <li>• Untersynchrone Kaskadenschaltungen</li> <li>• Drehstrommotor mit Zwischenkreisumrichter</li> <li>• Elektrische Servoantriebe</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Elektrische Maschinen und Antriebe“, UniBw München, EAA, 2010</li> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• G. Pfaff: „Regelung elektrischer Antriebe I und II“, Oldenbourg Verlag, München, 1994</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 45-120 min Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15-40 min Dauer (mP-15-40) , kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmeschein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Elektrische Maschinen</b>	1227

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12271	P	Praktikum Elektrische Maschinen	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. in einem der Module „Elektrische Maschinen und Antriebe (EIT)“, „Energietechnik B“ (EIT) oder „Elektrische Maschinen und Antriebe (ME)“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden vertiefen die theoretischen Grundlagen aus den Vorlesungen und werden in die Lage versetzt, diese praktisch anzuwenden. Sie erlangen Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an elektrischen Maschinen und bekommen einen Einblick in die Ingenieurpraxis.
Inhalt
In diesem Modul werden die Studierenden mit den wichtigsten praktischen Versuchen und Messungen an elektrischen Maschinen vertraut gemacht: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie führen messtechnische Untersuchungen an den Grundtypen von elektrischen Maschinen durch</li> <li>• Die Studierenden lernen, wie man Parameter von elektrischen Maschinen bestimmt</li> <li>• Sie nehmen verschiedene Feldmessungen vor, wie z.B. Leerlauf-, Kurzschluss-, und Belastungsmessungen</li> <li>• Typische Betriebskennlinien werden aufgenommen</li> <li>• Die Studierenden analysieren unsymmetrische Schaltungen</li> <li>• Zum Abschluss werden Sondermaschinen demonstriert</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Elektrische Maschinen und Antriebe“, UniBw München, EAA, 2010</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• G. Müller, B. Ponick: „Grundlagen elektrischer Maschinen“, 9.Auflage, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2006</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 45-120 min Dauer (sP-45-120) oder mündliche Prüfung von 15-40 min Dauer (mP-15-40), kombinierbar mit Notenschein (NoS) oder Teilnahmechein (TS) oder Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Auslandspraktikum I	1229

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	100	50	5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden die allgemeinen Kenntnisse aus einem Bachelor- Studium im Bereich der „Elektrotechnik und Informationstechnik“ oder „Mathematical Engineering“ und ausreichende Sprachkenntnisse für das entsprechende Land.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können eine Aufgabe in einer fremden Umgebung weitgehend selbständig bearbeiten. Sie haben Erfahrung in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens. Sie haben in einem speziellen Arbeitsgebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Mathematical Engineering internationale praktische Erfahrung gesammelt.
Inhalt
Im Auslandspraktikum soll eine Aufgabe aus einem begrenzten Problemkreis unter Anleitung weitgehend selbständig mit bekannten Methoden bearbeitet werden. Im Auslandspraktikum sind die erzielten Ergebnisse systematisch zu entwickeln und zu erläutern. Es wird in der Regel individuell und weitgehend eigenständig durch die Studierenden bearbeitet, kann aber je nach Thema auch in Gruppen von bis zu drei Studierenden bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Es ist eine schriftliche Ausarbeitung zu erstellen und diese ist im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren. Die Präsentation findet als Vortrag von ca. 15-20 Minuten Dauer statt. Die Präsentation wird benotet und geht mit 1/5 (entsprechend 1 Leistungspunkt) in die Modulnote ein.
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Elektrotechnik und Informationstechnik"</li> <li>• Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Mathematical Engineering"</li> </ul>
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Auslandspraktikum II	1230

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	100	50	5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden die allgemeinen Kenntnisse aus einem Bachelor- Studium im Bereich der „Elektrotechnik und Informationstechnik“ oder „Mathematical Engineering“ und ausreichende Sprachkenntnisse für das entsprechende Land.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können eine Aufgabe in einer fremden Umgebung weitgehend selbständig bearbeiten. Sie haben Erfahrung in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens. Sie haben in einem speziellen Arbeitsgebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Mathematical Engineering internationale praktische Erfahrung gesammelt.
Inhalt
Im Auslandspraktikum soll eine Aufgabe aus einem begrenzten Problemkreis unter Anleitung weitgehend selbständig mit bekannten Methoden bearbeitet werden. Im Auslandspraktikum sind die erzielten Ergebnisse systematisch zu entwickeln und zu erläutern. Es wird in der Regel individuell und weitgehend eigenständig durch die Studierenden bearbeitet, kann aber je nach Thema auch in Gruppen von bis zu drei Studierenden bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Es ist eine schriftliche Ausarbeitung zu erstellen und diese ist im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren. Die Präsentation findet als Vortrag von ca. 15-20 Minuten Dauer statt. Die Präsentation wird benotet und geht mit 1/5 (entsprechend 1 Leistungspunkt) in die Modulnote ein.
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Elektrotechnik und Informationstechnik"</li> <li>Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs "Mathematical Engineering".</li> </ul>
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Systeme der Leistungselektronik</b>	1237

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12371	VÜ	Systeme der Leistungselektronik I	Pflicht	4
12372	VÜ	Systeme der Leistungselektronik II	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Elektrotechnik",</li> <li>• Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Leistungselektronik".</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Kenntnisse über Anwendungsbereiche und typ. Eigenschaften leistungselektronischer Systeme,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbständiges Erfassen der typischen Grundstrukturen,</li> <li>• Selbständiges Erkennen technischer Probleme in Planung und Realisierung,</li> <li>• Fähigkeiten zur Analyse und grundlegenden Dimensionierung leistungselektronischer Systeme.</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsgebiete und Entwicklungstrends: Grundstrukturen leistungselektronischer Systeme, Anforderungen und Designaspekte,</li> <li>• Leistungsteile: Anforderungen, Elektrische Schnittstellen, Komponenten und Modularisierung, Sicherheit und Störfallbehandlung,</li> <li>• Leistungshalbleiter: Aufbau- und Verbindungstechnik, thermische und elektrische Auslegung, Zuverlässigkeit, Verhalten in Fehlerfällen und Ansteuerung,</li> <li>• Steuer- und Regelverfahren für selbstgeführte Stromrichter: Pulsweitenmodulation, Raumzeigermodulation, direkte Regelverfahren,</li> <li>• Multilevel-Stromrichter und deren Anwendungen: Synthese von Multilevel-Strukturen, Neutral-Point-Clamped (NPC)- und Flying Capacitor (FC)-Schaltungen, Modulare Multilevel (MMC)-Stromrichter,</li> <li>• Leistungselektronische Systeme für Stromversorgungen,</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Leistungselektronische Systeme für Antriebszwecke,</li><li>• Leistungselektronische Systeme für die Energieübertragung und -verteilung.</li></ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bernet: Selbstgeführte Stromrichter am GS-Zwischenkreis, Springer 2012</li><li>• Lutz: Halbleiter-Leistungsbaulemente, Springer 2012</li><li>• Mohan: "Power Electronics", Wiley 2003</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung von 90min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30min Dauer (mP-30), bestehend aus einer Teilprüfung für die LV 12371 und einer Teilprüfung für die LV 12372. Jede dieser Teilprüfungen muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden werden.</p> <p>Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Für die Modulnote werden die Leistungen der Lehrveranstaltungen 12371 und 12372 im Verhältnis 70:30 gewertet.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li><li>• Pflichtmodul in der Vertiefungsrichtung ME-Mechatronik des Studiengangs Mathematical Engineering (M.Sc.)</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
2 Semester, in jedem FT/HT



Modulname	Modulnummer
<b>Kraftwerks- und Netztechnik</b>	1239

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Thomas Weyh	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12391	VÜ	Kraftwerkstechnik	Pflicht	3
12392	VÜ	Netztechnik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnis des Moduls "Einführung in Electric Power Systems (EMP)"
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erwerben vertiefende Kenntnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• über Arten und Verfügbarkeit von Energiequellen und Mechanismen zur Umwandlung in elektrische Energie einschließlich einer kritischen Bewertung der resultierenden Umweltbelastungen</li> <li>• zu unterschiedlichen Bauformen von Dampfkraftwerken einschließlich deren Konzepte zur Effizienzsteigerung und Reduzierung der Einflüsse auf die Umwelt</li> <li>• zu weiteren klassischen thermischen Kraftwerkstypen wie Gasturbinenkraftwerke und deren Unterschiede bezüglich Aufbau, Kosten, Wirkungsgrad und Anlagenverfügbarkeit</li> <li>• zu Potential und Perspektive moderner regenerativer Energiequellen, basierend auf Wind, Sonne und Wasserkraft sowie weiterer Zukunftstechnologien wie Kernfusion</li> <li>• zu Aufbau und Struktur der Stromversorgungsnetze in den unterschiedlichen Netzbetriebsebenen</li> <li>• zur theoretischen Analyse der Zielparameter in vermaschten Netzen wie Strombelastung und Spannungsfall im ungestörten Zustand sowie zur Strombelastung im Kurzschlussfall</li> <li>• zur Bewertung komplexer Netzkonfigurationen bezüglich der Auswirkung auf die Zuverlässigkeit von Netzanbindungen</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage</p>

- die Prinzipien thermodynamischer Kreisprozesse zu formulieren und zu berechnen
- unterschiedliche Berechnungsverfahren für den ungestörten Netzbetrieb inklusive Netzvereinfachungsverfahren anzuwenden
- Zuverlässigkeitsberechnungen unterschiedlicher Netzanbindungsvarianten durchzuführen

#### Inhalt

In der Lehrveranstaltung Kraftwerkstechnik erwerben die Studierenden detailliertes Wissen über folgende Teilgebiete:

- Energievorräte und elektrischer Energiebedarf, physikalische und organisatorische Struktur der Stromversorgung, Kosten der Stromerzeugung
- Grundlagen der Thermodynamik, Enthalpie, Entropie, Analyse thermodynamischer Prozesse
- Analyse des Dampf-Kraft-Prozesses, Clausius-Rankine-Prozess, Zwischenüberhitzung, regenerative Speisewasservorwärmung, realer Energiefluss
- Aufbau von Dampfkraftwerken mit fossilen Brennstoffen, Feuerung, Rauchgasreinigung, Wärmeabfuhr, Kraft-Wärme-Kopplung
- Kernkraftwerke, Druck- und Siedewasserreaktoren, Kernbrennstoffe, Zukunftsperspektiven
- Gasturbinen, Analyse des offenen und geschlossenen Gasturbinenprozesses, realer Prozess, Gas- und Dampf-Kombiprozesse
- Regenerative Energien, Aufbau und Betrieb von Wasser-, Wind-, und Solarkraftwerken, energetische Analysen, Brennstoffzellenkraftwerke

In der Lehrveranstaltung Netztechnik erwerben die Studierenden detailliertes Wissen über folgende Teilgebiete:

- Transport- und Verteilnetze, Spannungshaltung und Stabilität, Modellbildung, Ersatzkonstanten, Kompensationsanlagen
- Umspannwerke und Schaltanlagen, Bauarten
- Energieverteilungsnetze, Aufgabenstellung für die Netzbetriebsführung, Anforderungen an die Betriebsgrößen sowie deren Berechnung für unverzweigte und verzweigte Leitungen und vermaschte Netze, Betriebsgrößen bei Laststromvorgabe, Stromiteration bei Leistungsvorgabe
- Störungen in Stromversorgungsnetzen, Fehlerarten, Systemerdung, dreipoliger Kurzschluss, unsymmetrische Fehler, Kurzschlussstromberechnung
- Zuverlässigkeit von Stromversorgungsnetzen

#### Literatur

- Oeding, D; Oswald, B.R.; Elektrische Kraftwerke und Netze Springer Verlag
- Strauß, K; Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, regenerativer und nuklearer Energiequellen, Springer Verlag
- Schwab, A: Elektroenergiesysteme. Springer Verlag
- Flosdorff, R; Hilgarth, G: Elektrische Energieversorgung. Teubner Verlag

#### Leistungsnachweis

Schriftliche 90-minütige Prüfung (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30), bestehend aus einer Teilprüfung für die LV a) und einer Teilprüfung für die LVb).

Jede dieser Teilprüfungen muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden werden. Die Leistungen beider Teilprüfungen werden im Verhältnis ihrer ECTS-Punkte gewertet
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung "Electric Mobility and Power"</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Messtechnik und Sensorik	1240

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12401	VÜ	Messtechnik und Sensorik	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse der Messtechnik
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis für die Anforderungen, den Aufbau und die Funktionsweise von Sensoren für nichtelektrische Größen für verschiedene Anwendungsbereiche (Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, intelligente und energieeffiziente Gebäudetechnik, etc.). Die Studierenden verstehen die Details des systemischen Zusammenwirkens von Sensorik und Elektrischer Messtechnik und können Messverfahren und Messsysteme eigenständig analysieren. Die Studierenden sind in der Lage, applikationsabhängige Messprobleme durch Auswahl geeigneter Sensoren zu lösen und anforderungsgerechte Messsysteme auszuwählen bzw. entsprechend zu dimensionieren. Die Studierenden können die zu erwartenden Messunsicherheiten ermitteln und die Grenzen des sinnvollen praktischen Einsatzes von bestimmten Sensoren und Messverfahren abschätzen.
Inhalt
Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit den physikalischen Effekten und dem Aufbau von in der messtechnischen Praxis unerlässlichen Sensoren und gibt zudem einen kurzen Einblick in die sich rasant entwickelnde Welt der „Mikro- und Nanosensorik“. Beispielsweise müssen in der Prozess- und Automatisierungstechnik, Automobil- und Luftfahrttechnik, Medizintechnik, der intelligenten Gebäudetechnik, etc. zahlreiche nichtelektrische Größen wie Temperatur, Wärmemenge, Weg, Winkel, Beschleunigung, Kraft, Druck, Durchfluss, Drehzahl, Geschwindigkeit, Gaszusammensetzung und -konzentration, pH-Wert, etc. erfasst werden. Die in der Lehrveranstaltung ebenfalls behandelte akustische und optische Messtechnik hat zudem einen unmittelbaren Zusammenhang mit dem menschlichen Hören und Sehen. Sensoren liefern elektrische Signale, aus denen dann Messwerte und Messergebnisse

<p>mithilfe von geeigneten Messverfahren bestimmt werden können. Bei der Auswahl des Sensors und der Festlegung der Konzeption des gesamten Mess-Systems für eine bestimmte Anwendung spielen die erzielbare Sensitivität und Selektivität sowie die statischen und dynamischen Eigenschaften eine entscheidende Rolle. In der Lehrveranstaltung werden diese Aspekte in Theorie und Praxis behandelt. Darüber hinaus werden auch Maßnahmen und Ansätze besprochen, die nachteilige Einflüsse wie beispielsweise Temperatur(quer)empfindlichkeiten, Rauschen, Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte reduzieren sowie eine geringe Messunsicherheit garantieren helfen.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Schrüfer, L. Reindl, B. Zagar: Elektrische Messtechnik. Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen, 12. Auflage, Carl Hanser Verlag, 2018.</li> <li>• U. Kiencke, R. Eger: Messtechnik, Systemtheorie für Elektrotechniker, 7. Aufl., Springer, 2008.</li> <li>• M. Möser: Messtechnik der Akustik, Springer, 2010.</li> <li>• J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren, 6. Auflage, Vulkan-Verlag GmbH, 2011.</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mp-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Wintertrimesters.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <p>Pflichtmodul im Studiengang EIT und ME. Wahlpflichtmodul für alle anderen Studiengänge.</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>1 Trimester, immer im WT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Automatisierungstechnik</b>	1241

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12411	VÜ	Automatisierungstechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Mathematische und physikalische Kenntnisse, wie sie in den Bachelor-Studiengängen EIT oder ME vermittelt werden.
- Modul 3406: Grundlagen der Elektrotechnik
- Modul 3419: Regelungstechnik

#### Qualifikationsziele

Themenbereich „Digitale Regelkreise“:

Die Studierenden verstehen, wie Regelungen mit Hilfe moderner Geräte- und Informationstechnologie in Form von digitalen Regelkreisen realisiert werden. Die Studierenden können das dynamische Verhalten zeitdiskreter Systeme auf verschiedene Arten modellieren: Als Eingangs-Ausgangsmodell und als Zustandsraummodell im Zeitbereich sowie als Eingangs-Ausgangsmodell im Frequenzbereich. Die Studierenden verstehen die dynamischen Eigenschaften zeitdiskreter Systeme in Analogie zu zeitkontinuierlichen Systemen. Die Studierenden können ein Regelgesetz, das anhand eines zeitkontinuierlichen Streckenmodells entworfen worden ist, auf einem Microcontroller umsetzen und den Einfluss der Abtastung auf die Regelgüte abschätzen. Die Studierenden sind in der Lage, mit an die Anwendung angepassten Methoden einen digitalen Regelkreis zu entwerfen und sein Verhalten zu analysieren.

Themenbereich „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:

Die Studierenden sind in der Lage, technische Abläufe als ereignisdiskrete Systeme zu interpretieren und geeignet zu modellieren. Die Studierenden verstehen, inwiefern Prozessautomatisierung auf höheren Ebenen die Aufgabe der Steuerung ereignisdiskreter Systeme beinhaltet. Die Studierenden können das dynamische

Verhalten ereignisdiskreter Systeme mittels geeigneter Analysemethoden untersuchen; insbesondere sind sie in der Lage, die Lebendigkeit (d.h. Deadlock-Freiheit) und Sicherheit solcher Systeme nachzuweisen. Die Studierenden beherrschen verschiedene Methoden, um Steuerungen bzw. Regelungen für ereignisdiskrete Systeme, d.h. für Vorgänge, die es zu automatisieren gilt, zu entwerfen.

Themenbereich „Modellbasierte prädiktive Regelung“:

Die Studierenden verstehen das Prinzip der modellbasierten prädiktiven Regelung und können diese Methodik auf lineare, zeitdiskret modellierte Regelstrecken anwenden.

#### Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen der drei Themenbereiche „Digitale Regelkreise“, „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“ und „Modellbasierte prädiktive Regelung“ bekannt gemacht.

Themenbereich „Digitale Regelkreise“:

Die Studierenden erhalten eine Einführung in die gerätetechnische Implementierung von Regelungen in Form von digitalen Regelkreisen. Sie lernen abgetastete Regelstrecken und ihre Modellierung als zeitdiskrete Systeme kennen, sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich. Sie werden mit Eigenschaften zeitdiskreter Systeme wie Stabilität, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit bekannt gemacht. Den Studierenden wird demonstriert, wie ein Regler, der anhand eines zeitkontinuierlichen Modells der Regelstrecke entworfen worden ist, in ein Programm umgesetzt werden kann, das auf einem Mikrocontroller abläuft. Sie erlernen ein Methodenspektrum, um digitale Regelungen auf Basis eines zeitdiskreten Streckenmodells zu entwerfen.

Themenbereich „Modellierung, Analyse und Steuerung ereignisgetriebener Systeme“:

Die Studierenden werden mit der Modellierung von technischen Prozessen (in Rechenanlagen, Fertigungsanlagen etc.) und Transportvorgängen in Form von ereignisdiskreten Systemen bekannt gemacht. Ihnen wird demonstriert, wie die Automatisierung von Fertigungsprozessen, Gebäuden, Fahrzeugen etc. so umformuliert werden kann, dass daraus die Aufgabe entsteht, durch Steuerungsmechanismen geeignete Ereignisfolgen herbeizuführen. Die Studierenden erlernen die Fähigkeit, Prozesse, die automatisiert werden sollen, mit Hilfe von deterministischen Automaten und Petrinetzen zu modellieren. Sie lernen Werkzeuge für die Analyse des Verhaltens ereignisdiskreter Systeme kennen, vor allem im Hinblick auf Lebendigkeit (d.h. die Vermeidung von deadlocks) und Sicherheit. Sie erhalten eine Einführung in den Entwurf von Steuerungen ereignisdiskreter Systeme auf Basis von Automaten- und Petrinetz-Modellen.

Themenbereich „Modellbasierte prädiktive Regelung“:

Die Studierenden lernen das Prinzip der modellbasierten prädiktiven Regelung sowie die Anwendung dieser Methodik auf lineare Regelstrecken kennen.

#### Literatur

- J. Lunze: Automatisierungstechnik, Oldenbourg Verlag, 2008

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer Verlag, 2008</li><li>• M. Horn, N. Dourdoumas: Regelungstechnik, Pearson Studium Verlag, 2004</li><li>• A. Kugi: Skript zur Vorlesung "Automatisierung", <a href="http://www.acin.tuwien.ac.at/file/teaching/bachelor/automatisierung/Gesamtskriptum.pdf">www.acin.tuwien.ac.at/file/teaching/bachelor/automatisierung/Gesamtskriptum.pdf</a></li></ul> |
|--|

<b>Leistungsnachweis</b>
--------------------------

Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 30 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben.)
--

<b>Verwendbarkeit</b>
-----------------------

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul für EIT M.Sc., Vertiefung „Electric Mobility and Power“</li><li>• Pflichtmodul für ME M.Sc., Vertiefung „Mechatronik“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul> |
|---|

<b>Dauer und Häufigkeit</b>
-----------------------------

1 Trimester, in jedem WT
--------------------------



Modulname	Modulnummer
<b>Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik</b>	1242

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
240	96	144	8

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12421	VÜ	Antriebsregelung und Aktorik I	Pflicht	2
12422	VÜ	Antriebsregelung und Aktorik II	Pflicht	4
12423	VÜ	EMV in der Energietechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>8</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in „Elektrische Maschinen und Antriebe“, wie sie z.B. im Modul „Elektrische Maschinen und Antriebe für Electric Mobility“ vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen die Grundbegriffe von elektromechanisch gekoppelten Systemen. Sie können elektrischen Maschinen in unterschiedlichen Koordinatensystemen mathematisch beschreiben. Die Studierenden verfügen außerdem über Kenntnisse des dynamischen Betriebsverhaltens elektrischer Maschinen (Schnellhochlauf, Laststoß, Stoßkurzschluss) und lernen unterschiedliche Regelungskonzepte für elektrische Antriebe (Kaskadenregelung, feldorientierte Regelung) kennen. Ergänzende Kenntnisse zu leistungselektronischen Stellgliedern und Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) bei elektrischen und elektronischen Systemen runden die Vorlesung ab.
Inhalt
Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik I“
Zu Beginn dieser Veranstaltung wiederholen die Studierenden physikalische Grundlagen, die für das Verständnis von Antriebsregelungen notwendig sind:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamisches Grundgesetz und Bewegungsgleichungen</li> <li>• Stabilität</li> <li>• Massenträgheitsmomente</li> <li>• Einfache Getriebe</li> </ul>

- Leistung und Energie bei Drehbewegungen
- Langsame Drehzahländerungen
- Wärmemengen beim Anfahren und Bremsen

Für ein besseres Verständnis der zu vermittelnden Inhalte wird zunächst das dynamische Verhalten von Gleichstrommaschinen näher analysiert:

- Gleichungssystem für den dynamischen Betrieb (Zeitkonstanten, Strukturbild) fremderregte Gleichstrommaschine (allgemeine Struktur, Führungsverhalten, Störverhalten, aperiodischer Grenzfall)
- Gleichstromnebenschlussmaschine (dynamischer Hochlauf)
- Kaskadenregelung einer Gleichstrommaschine (PI-Regler, Blockschaltbild und Übertragungsfunktion)
- Drehzahlregelkreis und Stromregelkreis
- Dynamischer Hochlauf und Reversieren

Anschließend werden die Studierenden mit dem Begriff der Raumzeigertheorie für Drehfeldmaschinen bekannt gemacht:

- Voraussetzungen
- Umwandlung einer dreisträngigen in eine zweisträngige Maschine
- Umwandlung eines zweisträngigen Systems auf ein beliebig rotierendes Koordinatensystem
- Transformationsmatrizen
- Flussverkettungen, Spannungsgleichungen und Drehmoment im beliebig rotierenden System

Die Methoden der Raumzeigertheorie werden nun auf das dynamische Verhalten der Asynchronmaschine angewendet:

- Gleichungssystem
- Schneller Hochlauf und Laststoß
- Vergleich von dynamischer und stationärer Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie
- Feldorientiertes Koordinatensystem für die Asynchronmaschine
- Strukturbild der Asynchronmaschine in feldorientierten Koordinaten
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingprägten Statorströmen
- Flussmodell
- Strukturbild der Regelung
- Dynamischer Hochlauf der Asynchronmaschine
- Vergleich mit dem dynamischen Hochlauf am starren Netz
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine mit eingprägten Statorspannungen
- Entkopplungsnetzwerk
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine ohne mechanischen Sensor

Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik II“:

Im direkten Anschluss an den ersten Teil der Vorlesung transferieren die Studierenden ihr erworbenes Wissen über Raumzeiger und Maschinendynamik von Asynchronmaschinen auf das dynamische Verhalten der Synchronmaschine:

- Beschreibung des stationären Betriebs der Vollpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie
- Stoßkurzschluss der Vollpolmaschine
- Gleichungssystem
- Grenzwertbetrachtungen für Ströme und Drehmoment
- Zeitkonstanten
- Zeitfunktionen bei Schalten im Spannungsmaximum und im Spannungsnulldurchgang
- Physikalische Erklärung des Stoßkurzschlusses
- Beschreibung des stationären Betriebs der Schenkelpol-Synchronmaschine mittels der Raumzeigertheorie
- Bestimmung von Längs- und Quersfeldreaktanzen
- Stoßkurzschluss der Schenkelpolmaschine (analytische und numerische Lösung)
- Transienter Betrieb der Schenkelpolmaschine

Anschließend wird ein technisch besonders relevanter Spezialfall der Synchronmaschine – der permanent erregte Synchronmotor mit Polradlagegeber – näher herausgehoben und untersucht:

- Wirkungsweise
- Dynamisches Gleichungssystem
- Stationäres Betriebsverhalten
- Betriebsarten

Ein kurzer Ausblick zu leistungselektronischen Stellgliedern für Gleichstrommaschinen, Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen rundet die zuvor behandelten Themen ab.

Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:

Im dritten Teil der Vorlesung werden die Studierenden mit Fragestellungen zur „elektromagnetischen Verträglichkeit“ (EMV) mit speziellem Fokus auf die Energietechnik vertraut gemacht:

- Niederfrequente, leitungsgeführte Störungen
- Entstehung von Störsignalen, Oberschwingungen und Zwischenharmonischen
- Messung und Bewertung von Netzurückwirkungen
- Entwurfskriterien von Netzfiltern
- Untersuchung spezieller Schaltungen

#### Literatur

Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik I“:

- D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010
- G. Pfaff: „Regelung elektrischer Antriebe I und II“, Oldenbourg Verlag, München, 1994

<p>Literatur zu Lehrveranstaltung „Antriebsregelung und Aktorik II“:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• D. Gerling: Vorlesungsskript „Antriebsregelung und Aktorik“, UniBw München, EAA, 2010</li><li>• D. Schröder: „Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen“, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2009</li></ul> <p>Literatur zu Lehrveranstaltung „EMV in der Energietechnik“:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• W. Zeng: Vorlesungsskript „EMV in der Energietechnik“, UniBw München, EAA, 2011</li><li>• A.J. Schwab, W. Kürner: „Elektromagnetische Verträglichkeit“, 6.Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2011</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Gesamtmodul: sP-130 oder mP-40</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Anteil ARA (I+II): sP-90 oder mP-25</li><li>• Anteil EMV: sP-40 oder mP-15</li></ul> <p>Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Für die Modulnote werden die Leistungen der Lehrveranstaltungen ARA (I+II) und EMV im Verhältnis 3:1 gewertet.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
3 Semester, in jedem Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Kommunikationstechnik II	1244

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12441	VÜ	Kommunikationstechnik II	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Mathematische Kenntnisse, wie sie in den drei ersten Trimestern der Bachelor-Studiengänge EIT oder ME vermittelt werden
- Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme
- Modul 1083: Kommunikationstechnik
- Modul 6050: Signalverarbeitung

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen die Grundlagen moderner Übertragungsverfahren, wie sie beispielsweise in der Funkkommunikation und der Kommunikation über Glasfasern eingesetzt sind, und kennen die zugehörigen Begriffe, Kenngrößen und Eigenschaften. Sie können Verfahren analysieren, bewerten und auch konzipieren und die entsprechenden Parameter bestimmen. Sie sind in der Lage komplexere Systeme aus Systemkomponenten und der Kenntnis von deren Eigenschaften zu entwerfen.

#### Inhalt

Die Studierenden erlernen die Beschreibung einer trägermodulierten digitalen Signalübertragung im äquivalenten Tiefpassbereich. Sie lernen lineare digitale Modulationsverfahren (QAM, PSK, OFDM, SC-FDE), Signalkonstellationen und Augenmuster, Symbol- und Bitfehlerwahrscheinlichkeiten, das Guardintervall und das zyklische Präfix bei OFDM, die Entzerrung bei OFDM und SC-FDE, Bandspreizverfahren (Direct-Sequence, CDMA) und die trainingsbasierte Synchronisation kennen. Sie lernen die zugehörigen Eigenschaften und Berechnungsmethoden kennen und lernen anhand von Beispielen entsprechende Parameter zur Analyse und Bewertung zu bestimmen. Die Studierenden lernen informationstheoretische Grenzen kennen und lernen wie diese mit der Anwendung von Codierverfahren immer besser erreicht werden können. Sie erhalten eine Einführung in die Kanalcodierung (Fehlererkennung und Fehlerkorrektur, FEC-Klassifikation in Blockcodes und Faltungscodes, lineare

zyklische binäre Blockcodes, Codierung, einfache syndrombasierte Fehlererkennung und Fehlerkorrektur, Restfehlerwahrscheinlichkeit, Galoisfeld $GF(2)$ ). Sie erlernen die Konstruktion von Erweiterungskörpern und die Anwendung dieser Erweiterungskörper am Beispiel von BCH-Codes und die Decodierung dieser Codes mit dem Euklid'schen Algorithmus. Anhand von Beispielen werden diese Verfahren angewandt und die Studierenden lernen die Eigenschaften von algebraischen Codes und die Bestimmung von Kenngrößen kennen.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kammeyer/Dekorsy, Nachrichtenübertragung, Springer Vieweg</li><li>• Proakis/Salehi, Digital Communications, IRWIN Verlag</li><li>• Benvenuto/Cherubini, Algorithms for Communication Systems and their Applications, Wiley</li><li>• Proakis/Salehi/Bauch, Contemporary Communication Systems using MATLAB, CENGAGE Learning</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Halbleiterproduktionstechnik	1278

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
210	84	126	7

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12781	VÜ	Halbleiterproduktionstechnik	Pflicht	3
12782	P	Halbleiterproduktionstechnik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>7</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in Integral- und Differentialrechnung, Statistik, Interesse an technischen und ökonomischen Zusammenhängen in einer Produktionslinie;
Qualifikationsziele
Die Studierenden sind nach dem Modul fähig die Methoden und Verfahren zur Erfassung und Reduzierung von Produkterstellungskosten, am Beispiel einer Halbleiterfabrik, anzuwenden. Hierzu gehören Kompetenzen in der Erfassung, Bewertung und Optimierung von Performance und Produktivitätsfaktoren einer Produktionslinie. Die erlernten Methoden zur Bestandsaufnahme, der Produktionszusammenhänge und der übergreifenden, kontinuierlichen Effizienzsteigerung stellen für die Studierenden eine fächerübergreifende, ingenieurwissenschaftliche Qualifikation dar.
Inhalt
Vorlesung: Es werden die ökonomischen Produktionsbedingungen einer Halbleiterfabrik herausgearbeitet, Bewertungskriterien für die Effizienz der Produktion und Optimierungspotentiale diskutiert.
Detaillierter Inhalt Teil 1: Überblick zur Historie der Entwicklung von Halbleiterprodukten und deren Märkte; grundlegende Statistik für Wahrscheinlichkeitsberechnungen in der Produktion; Diskussion klassischer und moderner Produktionsmodelle wie Lagerhaltungsmodelle oder Just-in-Time; Überblick zur technologischen Herstellung des Produktes Halbleiter-IC; Diskussion von Produktionseigenheiten in Halbleiterfabriken wie Herstellung in Losen, Automatisierung, workflow; detaillierte Untersuchungen zur „Factory Dynamics“: Beschreibung des physikalischen Verhaltens einer Produktionslinie durch mathematische Gleichungen, 4-Partner-

<p>Modell, Warteschlangentheorie, die Gesetze und Leistungsparameter (wie Kapazität, Auslastung, Durchlaufzeit, Materialbestand) zur Evaluierung der Produktivität; Träume und Albträume von Managern; Overall Equipment und Factory Efficiency (OEE, OFE); Qualitätsmanagement, Maschinenfähigkeitsuntersuchungen, Design of Experiments, Statistische Prozeßkontrolle. der Produktion und Optimierungspotentiale diskutiert</p> <p>Praktikum: Es werden die Ergebnisse der Vorlesung in Versuchen nachvollzogen. Hierbei werden modernste Theorien wie DOE, SPC oder Produktivitätssoftware für die Studierenden zur Verfügung gestellt und deren Methoden an praktischen Beispielen vermittelt</p> <p>Detaillierter Inhalt Teil 2: Gruppenspiel zur Erfassung von Performanceparametern (Kapazität, Durchlaufzeiten, Betriebskennlinie) einer Produktionslinie ("Penny-Fab"); Software-Simulation und Optimierung von Produktionslinien; Software-Simulation zum Design-of-Experiments: Methoden des DOE, Parameter und notwendige Mindestanzahl von Versuchen zur Prozeßoptimierung, Auffinden des Optimums, Vertrauensbereich, Fluktuationen, Datenaufbereitung für Berichte; Experimente zum Design-of-Experiments: Aufstellen der Taguchi-Matrix, Trockenätzungen zum Veraschen von Photolack, Berechnung und Verifizierung des Prozeßoptimums; Methoden des Qualitätsmanagement: Maschinenfähigkeitsuntersuchungen zur Partikeldichte im Reinraum, statistische Prozeßkontrolle: Prozeßbewertung, Eingriffsgrenzen</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• W.J. Hopp, M.L. Spearman: Factory Physics, McGraw-Hill, 2001;</li> <li>• G. Linß: Qualitätsmanagement für Ingenieure, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2005</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach der Vorlesung eine Prüfung, schriftlich, 60 min (=40%)</li> <li>• Praktikum: Eingangstest (=10%), Versuchsdurchführung (20%), Ausarbeitung (20%), Abschlussprüfung (10%)</li> </ul>
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen EIT
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
2 Semester, in jedem Jahr



Modulname	Modulnummer
<b>Nichtlineare Regelung</b>	1279

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12791	VÜ	Nichtlineare Regelung	Pflicht	3
12792	VÜ	Nichtlineare Regelung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Ingenieurmathematik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.</li> <li>• Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME) erworben werden.</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden kennen Beispiele für nichtlineare Systeme und sind mit den Phänomenen vertraut, die nur bei nichtlinearen, nicht aber bei linearen Systemen auftreten können. Sie kennen und verstehen die Bedeutung einer nichtlinearen Dynamik für die Technik, beispielsweise für die Konstruktion stabiler Oszillatoren. Die Studierenden sind mit Regelungsaufgaben wie Stabilisierung und Trajektorienfolge sowie mit den Regler-Architekturen zur Lösung dieser Aufgaben vertraut. Die Studierenden beherrschen das methodische Rüstzeug, um das Stabilitätsverhalten nichtlinearer Systeme zu analysieren. Die Studierenden sind mit mehreren Herangehensweisen zum Entwurf nichtlinearer Regelungen vertraut und sind auf Basis dieser Kenntnisse in der Lage, nichtlineare Regler für einfache Modellklassen selbstständig zu entwerfen. Die Studierenden sind mit der „flachheitsbasierten“ Herangehensweise an die Aufgaben der Trajektorienplanung, Stabilisierung und Trajektorienfolgeregelung vertraut und können für einfache Systeme, die die Eigenschaft der Flachheit aufweisen, Regelungen entwerfen. Die Studierenden können sich die physikalischen Eigenschaften von Regelstrecken für den Reglerentwurf zunutze machen und Regelkreise entwerfen, die eine physikalische Interpretation besitzen.</p>

<b>Inhalt</b>
<p>In diesem Modul erhalten die Studierenden eine Einführung in die spezifischen Eigenschaften, die Analyse und die Regelung nichtlinearer dynamischer Systeme. Sie lernen Beispiele für nichtlineare dynamische Systeme kennen und lernen, welche Eigenheiten diese Systemklasse gegenüber linearen Systemen aufweist. Sie werden mit Aufgaben und Grundtypen einer nichtlinearen Regelung bekannt gemacht. Sie erlernen die Stabilitätsanalyse nach Lyapunov, und es wird gezeigt, wie diese Analyseverfahren auch zum Entwurf einer stabilisierenden Regelung genutzt werden kann. Das Erlernen der Backstepping-Methodik versetzt die Studierenden in die Lage, stabilisierende Zustandsrückführungen iterativ aus Zustandsrückführungen für einfachere Subsysteme zu entwerfen. Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Eingangs-Ausgangs-Linearisierung und die Eingangs-Zustands-Linearisierung als Methoden zum Reglerentwurf für nichtlineare Systeme. Dabei werden sie insbesondere mit den Konzepten der Internen Dynamik und der Nulldynamik nichtlinearer Systeme vertraut gemacht sowie mit dem wichtigen Konzept des flachheitsbasierten Reglerentwurfs. Sie erlernen Methoden der Systemmodellierung, die die Energieflüsse im System sichtbar werden lassen, sowie darauf aufbauende Methoden, bei denen die energetische Grundstruktur des Systems auch im Regelkreis erhalten bleibt.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• J. Adamy, Nichtlineare Systeme und Regelungen, Springer Verlag, 2009</li><li>• J. Slotine, W. Li: Applied Nonlinear Control, Verlag Prentice Hall, 1991</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 30 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben.)
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Vertiefungsrichtungen sowie im Studiengang ME M.Sc. für die Vertiefungsrichtungen „Mechatronik“ (MECH), „Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme“ (LRT) sowie „Modellierung und Simulation im Bauwesen“ (BAU).
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
2 Semester, in jedem Jahr

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Regelungstechnik</b>	1280

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12801	P	Praktikum: Regelungstechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Mathematische und physikalische Kenntnisse, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.
- Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME) erworben werden.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die Konzepte dynamischer Systeme und der Regelungstechnik durch den Bezug zur Anwendung in einer vertieften Weise. Sie können diese Konzepte und Herangehensweisen auf konkrete ingenieurwissenschaftliche Anwendungen und Fragestellungen anwenden. Die Studierenden verstehen, auf welche Weise entworfene Regler in realen Systemen implementiert werden. Sie sind mit der Struktur handelsüblicher Standardregler und Echtzeitsysteme vertraut und können Regler für einfache Anwendungsprobleme entwerfen und die zugehörigen Regelkreise aufbauen.

#### Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit der praktischen Umsetzung von Konzepten der Regelungstechnik in Anwendungsaufgaben bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die selbstständige praktische Umsetzung verschiedener Regelungsaufgaben z.B. mittels elektronischer Schaltungen oder handelsüblicher Regler. Sie erlernen die Fähigkeiten zur Analyse von sehr unterschiedlichen Regelstrecken und zum Umgang mit diesen, wie z.B. einem Gleichstrommotor und einer Füllstandsregelung. Sie erhalten eine Einführung in die computergestützte Simulation einer Regelstrecke und in den Entwurf von Reglern für reale Strecken. Die Studierenden erlernen den Entwurf von Reglern für verschiedene regelungstechnische Aufgaben, insbesondere

für die Stabilisierung von Betriebspunkten, die Unterdrückung von Störungen und die Folgeregelung.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• J. Lunze: "Regelungstechnik, Band 1 + 2", Springer Verlag, 2008,</li><li>• H. Unbehauen: "Regelungstechnik, Band 1 + 2", Vieweg Verlag, 2002.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Note des Praktikums besteht zur Hälfte aus der Bewertung der Versuchsvorbereitung und zur Hälfte aus einem Fachgespräch über alle Versuche, das am Ende des Praktikums stattfindet. Die Versuchsausarbeitung trägt nicht zur Note bei, ist aber für die Zulassung zum Fachgespräch erforderlich.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Vertiefungsrichtungen sowie im Studiengang ME M.Sc. für die Vertiefungsrichtungen „Mechatronik“ (MECH), „Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme“ (LRT) sowie „Modellierung und Simulation im Bauwesen“ (BAU).
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Regelungstechnisches Seminar	1281

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12811	SE	Regelungstechnisches Seminar	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden Kenntnisse der Ingenieurmathematik sowie Kenntnisse im Umfang eines der folgenden Module, die an der UniBwM im Bachelor "Mathematical Engineering" bzw. im Bachelor "Elektrotechnik und Informationstechnik" bzw. im Bachelor "Luft- und Raumfahrttechnik" absolviert werden: "Modul Systemtheorie" oder "Modul Steuer- und Regelungstechnik" oder "Modul Regelungstechnik".
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden haben sich im Rahmen der Vorbereitung ihres Referats intensiv mit einem regelungstechnischen Thema auseinandergesetzt und dadurch ein stark vertieftes Verständnis regelungstechnischer Denk- und Herangehensweisen gewonnen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, einen verständlichen Fachvortrag über ein technisches Thema auszuarbeiten und vor einer technisch gebildeten Hörerschaft vorzutragen.</li> <li>Die Studierenden haben einen Überblick über ein Spektrum wichtiger Methoden der Regelungstechnik gewonnen.</li> </ul>
Inhalt
Das Seminar besteht aus Referaten, die von den Studierenden gehalten werden. Die Referate runden das vorhandene regelungstechnische Wissen der Studierenden ab und vertiefen wichtige regelungstechnische Konzepte. Die Zuordnung der jeweiligen Referatsthemen erfolgt im Einvernehmen mit den Studierenden.
Liste möglicher Referatsthemen:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vermaschte Regelungen zur besseren Ausregelung von Störungen</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellbasierte Regelung (d.h. der Regler trägt in sich ein Modell der Regelstrecke) und Smith-Prädiktor</li> <li>• Stabilitätsanalyse linearer Regelkreise (Vertiefung)</li> <li>• Stabilitätsanalyse mittels Lyapunov-Funktionen</li> <li>• Energie-angepasste Regelung / Regelung von "Port-Controlled-Hamiltonian-Systems"</li> <li>• Intervallarithmetik in der Regelungstechnik</li> <li>• Das Konzept der Eingangs-Ausgangs-Linearisierung nichtlinearer Systeme</li> <li>• Das Konzept der Eingangs-Zustands-Linearisierung nichtlinearer Systeme</li> </ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Lunze: "Regelungstechnik, Band 1 + 2", Springer Verlag, 2008,</li> <li>• J. Slotine, W. Li: "Applied Nonlinear Control", Verlag Prentice Hall, 1991.</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Leistungspunkte werden durch ein selbst gehaltenes Referat, eine mündliche Prüfung von ca. 20 Min Dauer sowie das Zuhören bei den Referaten der anderen Teilnehmer erworben. Die Note besteht zur Hälfte aus der Bewertung des selbst gehaltenen Referats und zur Hälfte aus der mündlichen Prüfung.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwendbar im Rahmen des Masterstudiengangs „Elektrotechnik und Informationstechnik“ für alle Vertiefungsrichtungen.</li> <li>• Verwendbar im Rahmen des Masterstudiengangs „Mathematical Engineering“ für alle Vertiefungsrichtungen.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik</b>	1282

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12821	SE	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse im jeweils zu bearbeitenden Themengebiet.

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen.
- Die Studierenden sind in der Lage, (mess-)technische Problemstellungen zu analysieren und mithilfe von ingenieurwissenschaftlichem Denken und Handeln zielgerichtet zu lösen.
- Die Studierenden haben vertiefte theoretische und praktische Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet und besitzen verbesserte Fertigkeiten im Umgang mit problemorientierten Bearbeitungstools (eingesetzte Geräte, Software, etc.).

#### Inhalt

Das Oberseminar vertieft praxisnah das Verständnis für verschiedene Themengebiete der Sensorik und Messtechnik aus allen Anwendungsbereichen von beispielsweise der Automobil- und Luftfahrttechnik über klimarelevante Fragestellungen bis hin zur Medizintechnik. Die Behandlung von vorgegebenen oder durch die Studierenden selbst vorgeschlagenen Themen ist auf theoretischer oder simulationstechnischer Basis ebenso möglich wie der Bau von Prototypen. Die Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars vorgetragen und zur Diskussion gestellt. Die auf diese Weise erworbenen Fähigkeiten können auch im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten (Masterarbeit) nutzbringend eingesetzt werden.

<b>Literatur</b>
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Benotung erfolgt anhand der erarbeiteten Lösungen und der studentischen Präsentation. Die Mitarbeit und Involvierung bei den Fachdiskussionen im Rahmen des Oberseminars fließen ebenfalls in die Benotung ein.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul in den Studiengängen EIT, ME und INF.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester



Modulname	Modulnummer
<b>Spezielle messtechnische Probleme</b>	1286

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12861	OS	Spezielle messtechnische Probleme	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im jeweils zu bearbeitenden Themengebiet.
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, (mess-)technische Problemstellungen zu analysieren und mithilfe von ingenieurwissenschaftlichem Denken und Handeln zielgerichtet zu lösen.</li> <li>Die Studierenden haben vertiefte theoretische und praktische Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet und besitzen verbesserte Fertigkeiten im Umgang mit problemorientierten Bearbeitungstools (eingesetzte Geräte, Software, etc.).</li> </ul>
Inhalt
Das Oberseminar vertieft praxisnah das Verständnis für spezielle messtechnische Probleme aus allen Anwendungsbereichen von beispielsweise der Automobil- und Luftfahrttechnik über klimarelevanten Fragestellungen bis hin zur Medizintechnik. Die Behandlung von vorgegebenen oder durch die Studierenden selbst vorgeschlagenen Themen ist möglich. Je nach Aufgabenumfang erfolgt die Bearbeitung als Einzelperson oder als Kleingruppe mit Arbeitsteilung. Die Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars vorgetragen und zur Diskussion gestellt. Die auf diese Weise erworbenen Fähigkeiten können auch im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten (Masterarbeit) nutzbringend eingesetzt werden.
Literatur
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.

<b>Leistungsnachweis</b>
Die Benotung erfolgt anhand der erarbeiteten Lösungen und der studentischen Präsentation. Die Mitarbeit und Involvierung bei den Fachdiskussionen im Rahmen des Oberseminars fließen ebenfalls in die Benotung ein.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul in den Studiengängen EIT, ME und INF.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme</b>	1287

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12871	P	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme</li> <li>• Modul 1083: Kommunikationstechnik</li> <li>• Modul 1244: Kommunikationstechnik II</li> <li>• Modul 3408: Grundlagen der Messtechnik</li> </ul>
Qualifikationsziele
Die Studierenden können die erlernten Kenntnisse und Methoden aus den Modulen 1077, 1083 und 1244 an nachrichtentechnischen Systemen in der Praxis anwenden. Sie können theoretisch bestimmte Eigenschaften durch Messungen bestätigen. Sie können mit modernen Messgeräten umgehen.
Inhalt
Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie und der Kommunikationstechnik anhand von verschiedenen Versuchen. Dabei erlernen sie den Umgang mit modernen Messgeräten (Oszilloskop, Spektrumanalysator, Signalgenerator, Netzwerkanalysator, Bitfehlerraten tester etc.). Sie vertiefen in den Vorbereitungsaufgaben zu den Versuchen ihre Kenntnisse und Fähigkeiten und lernen bei der Versuchsdurchführung neben dem Umgang mit den Messgeräten auch die messtechnische Verifikation von theoretisch erwarteten Ergebnissen kennen. Die Nachbereitung der Versuche vertieft dieses Verständnis nochmals.
Folgende Versuche werden durchgeführt:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Systeme: Messung von Impulsantwort und Übertragungsverhalten von analogen und digitalen Filtern, Entwurf und Programmierung eines digitalen Filters und dessen messtechnische Verifikation</li> </ul>

- Nichtlineare Systeme: Messung von Übertragungskennlinien und Verhalten im Spektralbereich, Bestimmung von Intermodulationsparametern diverser Verstärker
- Abtastung: Messung von Zeitsignalen und dem zugehörigen Spektrum
- Stochastische Nachrichtensignale: Charakterisierung von linearen Systemen mittels stochastischer Eingangssignale und Berechnung von Korrelationsfunktionen
- Sprachsignalverarbeitung: Einsatz von Signalverarbeitungsalgorithmen zur Bearbeitung von Sprachsignalen (Redundanz- und Irrelevanzreduktion)
- Amplitudenmodulation: Aufbau eines Systems zur Amplitudenmodulation und Messung von Zeitsignalen und zugehörigen Spektren, Demodulation des amplitudenmodulierten Signals
- Frequenzmodulation: Aufbau eines Systems zur Frequenzmodulation und Messung von Zeitsignalen und zugehörigen Spektren, Demodulation des frequenzmodulierten Signals
- Pulsmodulation (PCM): Inbetriebnahme eines PCM-Übertragungssystems, Messung der quantisierten Zeitsignale, Messung des Einflusses von Kompression und Kanalstörungen
- Digitale Übertragungsverfahren: Inbetriebnahme einer trägermodulierten digitalen Signalübertragung mit BPSK und QPSK Modulation, Bestimmung des Einflusses von Synchronisationsparametern wie Taktoffset und Trägerphasenfehler, Messung von Bitfehlerratenkurven mit und ohne Fehlerkorrekturverfahren
- OFDM Übertragungsverfahren: Erzeugung eines OFDM-Signals mit einem Software-Defined-Radio, Übertragung des Signals über einen verzerrenden und durch Rauschen gestörten Kanal, Empfang des Signals mit einem Software-Defined-Radio, Auswertung einzelner Subträger, Augenmuster

#### Literatur

- Kammeyer/Dekorsy, Nachrichtenübertragung, Springer Vieweg
- Proakis/Salehi, Digital Communications, IRWIN Verlag
- Benvenuto/Cherubini, Algorithms for Communication Systems and their Applications, Wiley
- Proakis/Salehi/Bauch, Contemporary Communication Systems using MATLAB, CENGAGE Learning

#### Leistungsnachweis

- Beantwortung von Vorbereitungsfragen, Lösung von Messaufgaben, Dokumentation der Ergebnisse.
- Teilnahmechein (TS).

#### Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul EIT (M.Sc.)
- Wahlpflichtmodul ME (M.Sc), Vertiefungsrichtung ITSK

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik</b>	1290

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12901	VÜ	Antennentechnik	Pflicht	3
12902	VÜ	EMV in der Kommunikationstechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
--------------------------------------

keine

Empfohlene Voraussetzungen
----------------------------

Vorausgesetzt werden Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications“, „Funktechnik und mobile Kommunikation“, „Elektromagnetische Felder“ und „Elektrische Leitungen und Wellen“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.

Qualifikationsziele
---------------------

#### a) Antennentechnik

Die Studierenden haben detaillierte Kenntnisse zu passiven Antennen und deren Dimensionierung und sind hierdurch in der Lage, diese zu bewerten. Sie haben ebenfalls detaillierte Kenntnisse zu aktiven Antennen und deren Dimensionierung und können diese analysieren. Grundkenntnisse zu Rauschvorgängen und zur Bedeutung des Außenrauschens befähigen die Studierenden, Antennen in realen Empfangssystemen zu analysieren und zu vergleichen. Die Studierenden haben Grundkenntnisse über hochlineare rauscharme Verstärkerkonzepte für reale Empfangssysteme. Die Studierenden besitzen Grundkenntnisse zur speziellen Problematik von Mobilfunkkommunikation.

#### b) EMV

Die Studierenden haben detaillierte Kenntnisse zu Kopplungsmechanismen bei ortsunabhängigen Spannungen und Strömen sowie zur Leitungs- und Strahlungskopplung und sind hierdurch befähigt, die EMV gegebener Systeme zu bewerten und Verbesserungsmaßnahmen empfehlen. Die Studierenden besitzen

Grundkenntnisse zur Strahlungsexposition sowie detaillierte Kenntnisse zu HF-Messgeräten für die EMV. Die Studierenden haben erste detaillierte Kenntnisse zu Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV.

#### Inhalt

##### a) Antennentechnik

Die Studierenden verstehen die Grundbegriffe der Antennentechnik wie Richtdiagramm, Fußpunktimpedanz, Wirkfläche und können diese für exemplarische Antennentypen berechnen. Sie haben ein breites Wissen über Eigenschaften passiver Antennen, kennen die typischen Richtantennen für technisch eingesetzte Funkdienste und sind vertraut mit Betrachtungen des Außenrauschens, der fiktiven Temperatur des Strahlungswiderstands etc. Sie verstehen auch wichtige Rauschgrößen von Verstärkern und Empfängern und können zusammenhängende Systeme hieraus analysieren. Die Studierenden sind vertraut mit den wichtigsten Antennenberechnungsverfahren und werden befähigt, deren Vor- und Nachteile anwendungsbezogen abzuwägen. Die Studierenden sind vertraut mit der Definition, der Anwendbarkeit und den Vorteilen von aktiven Antennen. Sie verstehen die Anforderungen an die Verstärker und die Besonderheiten der Schaltungstechnik. Sie kennen die Dimensionierungsaspekte des Verstärkers für aktive Antennen bei Frequenzen mit hohem Außenrauschen (kHz- und MHz-Bereich) sowie für aktive Antennen bei Frequenzen mit geringem Außenrauschen (GHz-Bereich), insbesondere "Figure of merit" bzw. G/T. Die Studierenden haben einen Überblick über die Besonderheiten von Antennen für mobilen Einsatz, insbesondere die Problematik des Mehrwegeempfangs, den Zwang zur Miniaturisierung sowie über die Anwendung statistischer Messverfahren zur Qualitätsermittlung.

##### b) EMV in der Kommunikationstechnik

Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Kopplungsmechanismen hochfrequenter Schaltungen und Antennenanordnungen:

- bei ortsunabhängigen Strömen und Spannungen (Induktive, kapazitive und gemischt induktive u. kap. Kopplung, Impedanzkopplung).
- Leitungskopplung bei hochfrequenten Signalen (TEM-Wellen, Leitungstransformation, Skineffekt, Verkopplung von Leitungswellen, Leitungsbauformen, Schlitzleitungen, Drahtwellenleiter, Mantelwellen).
- Strahlungsgekoppelte Störeinkopplungen (Von der Leitungswelle zur Freiraumwelle, Feldkomponenten des Hertz'schen Dipols, Kenngrößen von Antennen, effektive Höhe und Absorptionsfläche im Empfangsfall, Kreisrahmenantenne, Breitbandantennen für die EMV-Messtechnik, Schnüffelsonden, Freifeldantennenmessungen, Numerische Berechnung elektromagnetischer Felder)

Die Studierenden haben einen Überblick über wichtige Kenngrößen der elektromagnetischen Strahlenexposition (Grenzwerte, Messergebnisse zur elektromagnetischen Strahlungsbelastung). Sie verstehen die Funktionsweise von HF-Messgeräten für die EMV (HF-Störmessgeräte, bewertete Messungen, Suszeptibilitätsmessungen). Die Studierenden können die genannten Kenngrößen und Wirkprinzipien analysieren und hieraus Maßnahmen zur Sicherstellung der EMV (Schirmungsmaßnahmen, Verringerung von Verkopplungen) ableiten.

<b>Literatur</b>
Lehrveranstaltung a): <ul style="list-style-type: none"><li>• K. Fujimoto, J.R. James: "Mobile Antenna Systems Handbook - Chapter 5"; Artech House, 1994,</li><li>• Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik - Kap. N"; Springer Verlag, Berlin, 1986.</li></ul>
Lehrveranstaltung b): <ul style="list-style-type: none"><li>• E. Habiger: "Elektromagnetische Verträglichkeit", Hüthig Verlag, Heidelberg, 1998,</li><li>• A. Weber: "EMV in der Praxis", Hüthig Verlag, Heidelberg; 1996.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer (mP-30) am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Schaltungssimulation	1293

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Roland Pfeiffer	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12931	VÜ	Schaltungssimulation	Wahlpflicht	2
12932	P	Schaltungssimulation	Wahlpflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt werden (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Vorlesung gibt einen erweiterten Einblick in die Grundlagen der mathematischen Methoden der Schaltungssimulation. Die Studierenden gewinnen zudem durch das Praktikum die Fähigkeit, mit Hilfe eines Simulationsprogramms auch aufwendige Schaltungen durch Simulation zu entwickeln und zu dimensionieren sowie ihre Funktionsfähigkeit zu verifizieren.  Gute Grundlage für Master-Arbeiten im Bereich des Schaltungsentwurfs bietet diese Vorlesung/Praktikum.
Inhalt
Der Schwerpunkt der Vorlesung und des Praktikums liegt in der Analogtechnik und behandelt die folgenden Themen:  1. Vorlesung:  Die Studierenden erwerben umfassende Kenntnisse über mathematische Methoden der Schaltungssimulation unter besonderer Berücksichtigung des Schaltungssimulator PSPICE. Die Studierenden lernen der Grundeigenschaften analoger MOS-Schaltungen, insbesondere Verstärkerschaltungen kennen sowie die numerische Ausdrücke für die Grundeigenschaften und die Kenngrößen. Es werden Bandgap-Schaltungen,



<p>Mixerschaltungen und Oszillatorschaltungen als Beispiele für die erweiterten Simulationsmöglichkeiten von PSPICE eingeführt. Als Vorbereitung auf die Monte-Carlo-Analyse und Worst-Case-Analyse von PSPICE wird der Einfluss des Layouts auf analoge Schaltungen (Mismatch) bekannt gemacht. In exemplarischer Weise werden Probleme und Lösungen zukünftiger analoger MOS-Schaltungen eingeführt.</p> <p>2. Praktikum:</p> <p>In diesem Praktikum wird ein intensives Kennenlernen des Schaltungssimulationsprogramms PSPICE präsentiert. Die Überprüfung durch geeignete PSPICE-Simulation der in der Vorlesung aufgestellten numerischen Ausdrücken wird geklärt. Dazu wird von einem Inverter-Verstärker über OTA bis zum Miller-Verstärker die Schaltungen analysiert. An weiteren Analyse-Arten von PSPICE werden Temperaturanalyse, Rauschanalyse, Fourieranalyse, Monte-Carlo-Analyse, Worst-Case-Analyse, Transfer-Analyse und Sensitivity-Analyse besprochen. Oszillator-Schaltungen (Ringoszillator) und ABM-Bauelemente (unter anderem Phase-Locked-Loop-Erstellung) sowie Transmission Line werden analysiert. Die Layouterstellung wird exemplarisch mit dem Layoutprogramm „Microwind“ gezeigt. Die Simulation zukünftiger analoger CMOS-Schaltungen wird untersucht.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurt Hoffmann: "Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung", ISBN-13: 978-3486578942 Oldenbourg Verlag,</li> <li>• Behzad Razavi: "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", ISBN-13: 978-0071188395 Mcgraw-Hill Higher Education Verlag,</li> <li>• John Keown: "OrCAD Pspice and Circuit Analysis", ISBN-13: 978-0130157959 Prentice-Hall Verlag,</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Vorlesung: Schriftliche Prüfung von 45 Minuten Dauer (sP-45) oder mündliche Prüfung von 15 Minuten Dauer (mP-15) am Trimesterende (sP-45 oder mP-15). Die Festlegung der Prüfungsart erfolgt zu Beginn des Moduls.</p> <p>Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins notwendig. ( 3 ECTS-LP)</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Angewandte Lineare Algebra	1294

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12941	VÜ	Angewandte Lineare Algebra	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

unabdingbar: Kenntnisse in Linearer Algebra entsprechend den Vorlesungen Mathematik 1-4, Grundkenntnisse Numerik entsprechend dem Modul Mathematik 4

#### Qualifikationsziele

Diese Vorlesung versteht sich als Erweiterung und Vertiefung von Themen, die in der Linearen Algebra und der Einführung in die Numerik nicht in ausreichender Tiefe besprochen werden konnten, die aber im Zentrum fast jeder rechnerische Lösung von praktischen Problemen der Ingenieurwissenschaften stehen. Vermittelt werden sollen die Kenntnis effizienter Verfahren zur Lösung von linearen Gleichungssystemen, linearer Ausgleichsprobleme und des Eigenwertproblems und ein Verständnis für die Eigenschaften der besprochenen Algorithmen für Studierende, die selbst Software erstellen wollen, etwa im Bereich der Simulation, oder die vertiefte Kenntnisse der Linearen Algebra in ihrem Fachgebiet benötigen (z.B. Kommunikationstechnik: MIMO-Übertragung, z.B. Inverse Probleme in der Messtechnik: Diagnostik).

#### Inhalt

- Matrix-Faktorisierungen: LR, QR, Cholesky, Lemma von Schur, unitäre Ähnlichkeitstransformationen, SVD.
- Praktische Aspekte der LR-Zerlegung zur Lösung von Gleichungssystemen: Kondition, Rundungsfehler, iterative Nachverbesserung, Parallelisierung.
- Lineare Ausgleichsprobleme, auch bei nicht vollem Matrixrang und unter Nebenbedingungen.
- Ausblick auf nichtlineare Ausgleichsprobleme.
- Numerische Verfahren zum (verallgemeinerten) Eigenwertproblem und zur Berechnung der SVD.
- Unterraummethoden zur iterativen Lösung von Gleichungssystemen, Vorkonditionierung.

- Mehrgitterverfahren zur Lösung der bei der Diskretisierung linearer partieller Differentialgleichungen entstehenden Gleichungssysteme.
- Grundsätzlich wird großer Wert auf die Illustration der Theorie durch anwendungsorientierte Beispiele gelegt.

**Literatur**

- Demmel: Applied Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997
- Trefethen, Bau: Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997
- Golub, van Loan: Matrix Computations, Johns Hopkins Univ. Press, 3rd ed., 1996
- Briggs, Henson, Mc Cormick: A Multigrid Tutorial, 2nd ed., SIAM, 2000

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.

**Verwendbarkeit**

Wahlpflichtmodul für den Masterstudiengang EIT mit allen Vertiefungsrichtungen

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, unregelmäßig

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Plasmatechnik</b>	1296

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12961	P	Praktikum: Plasmatechnik	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung der aus den Lehrveranstaltungen erworbenen theoretischen Kenntnisse</li> <li>Einblick in die Ingenieurpraxis</li> <li>Erlernen des Umgangs mit labortechnischen Gerätschaften</li> </ul>
Inhalt
<p>Es werden 7 Praktikumsversuche zu folgenden Themen angeboten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeugung und technische Verwendung thermischer Plasmen</li> <li>Diagnostik an Plasmen</li> <li>Diagnostik industrieller Plasmaprozessparameter</li> </ul> <p>Außerdem ist eine Konstruktionsaufgabe mit Hilfe moderner CAD-Software zu bearbeiten</p>
Leistungsnachweis
Jeder Praktikumsbestandteil wird durch den jeweiligen Betreuer individuell bewertet. Die Endnote ergibt sich aus den gleichgewichteten Einzelbewertungen durch Rundung auf gültige Modulnoten; Notenschein (NoS).
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs EIT
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik</b>	1307

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Thomas Weyh	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13071	VÜ	Sicherheit in der Energieversorgung	Wahlpflicht	3
13072	VÜ	Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	Wahlpflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine

Qualifikationsziele
<p>Im ersten Teil des Moduls (Sicherheit in der Energieversorgung) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fakten zur gegenwärtigen und zukünftigen Energiebereitstellung</li> <li>• Nachhaltigkeitskriterien und Strategien zur Sicherstellung der Energieversorgung</li> <li>• die Sensitivität der Stromgestehungskosten regenerativer Energieerzeugung</li> <li>• grundlegende Mechanismen zur Festlegung von Börsenstrompreisen, unterstützt durch ein Börsensimulationstool</li> </ul> <p>Im zweiten Teil des Moduls (Gleichstromübertragungssysteme in der Energietechnik) erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die technischen Systeme zur Übertragung großer Energien mit HVDC-Systemen</li> <li>• die Anforderungen und den Aufbau von Umrichterstationen</li> <li>• die Dimensionierung und Auslegung von HVDC-Systemen</li> <li>• die Einbindung moderner HVDC-Systeme in AC-Verbundnetze</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieversorgungssysteme anhand unterschiedlicher Kriterien zu bewerten</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensitivitätsanalysen zu Stromgestehungskosten regenerativer Energien durchzuführen</li> <li>• die Mengen- und Preisfestsetzung einer Börsenauktion im Grundsatz zu ermitteln</li> <li>• anhand der physikalischen Grundlagen Verlustberechnungen durchzuführen</li> <li>• die Leistungsfähigkeit von AC- und DC-Systemen in Abhängigkeit der Übertragungsentfernung und der -leistung zu vergleichen</li> <li>• Geeignete Umrichtertopologien für bestimmte Anforderungen auszuwählen</li> </ul>
<b>Inhalt</b>
<p>In der Lehrveranstaltung „Sicherheit in der Energieversorgung“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globale und regionale Strategien zur Sicherstellung der (elektrischen)Energieversorgung, Nachhaltigkeitskriterien</li> <li>• Berechnung der Stromgestehungskosten regenerativer Energiesysteme</li> <li>• Unterschiedliche Möglichkeiten für den Handel mit Strom</li> <li>• Ablauf eines Handelstages mit Strom anhand einer Börsensimulation</li> <li>• Mengen- und Preisfestsetzung bei einer simulierten Börsenauktion</li> </ul> <p>In der Lehrveranstaltung „Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik“ erwerben die Studierenden vertiefendes Wissen zu den folgenden Teilgebieten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Grundlagen zur Verlustberechnung von AC- und DC-Übertragungssystemen</li> <li>• Vergleich von DC- und Drehstromleitungen und -kabeln</li> <li>• Aufbau von Hochleistungs-Umrichterstationen; Filteranlagen, Umrichtertrafos, Halbleiterumrichter</li> <li>• Vergleich verschiedener Umrichtertopologien (Thyristor-basiert; IGBT-basiert)</li> <li>• Betrachtung ausgewählter Anlagen, Diskussion des DESERTEC-Projektes</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche 90-minütige Prüfung (sP-90), bestehend aus einer Teilprüfung für die Lehrveranstaltung a und einer Teilprüfung für die Lehrveranstaltung b. Jede dieser Teilprüfungen muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden werden. Die Leistungen beider Teilprüfungen werden im Verhältnis ihrer ECTS-Punkte gewertet.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Power"</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt</b>	1308

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Wolf	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13081	VL	Microcontroller und Speicherprogrammierbare Steuerungen	Pflicht	0,5
13082	SP	Microcontroller und Speicherprogrammierbare Steuerungen	Pflicht	
13083	SP	Studienprojekt Microcontroller vs SPS	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

## Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse der Digitalen Schaltungstechnik und der Programmierung
- SPS Basiswissen, z.B. aus dem B. Sc. Wahlpflichtmodul 'SPS - Eine Einführung in das Konzept und die Programmierung von Speicherprogrammierbaren Steuerungen'
- Teilnahme an der Vorlesung „Embedded Systems“ (M.Sc.) bzw. „Architektur und Programmierung von Microcontrollern (B.Sc.)
- Wegen der studentenzentrierten Ausrichtung muss die Teilnehmerzahl für diese Veranstaltung auf 6 Teilnehmer beschränkt werden.

## Qualifikationsziele

- Erwerb von grundlegendem methodischen Wissen zum Bereich Prozessdatenverarbeitung (PDV)
- Erwerb von vertieften Kenntnissen zur Anwendung von Microcontrollern in der Automatisierungstechnik als Kernanwendung in der PDV
- Erwerb von erweitertem methodischen Wissen zum Bereich Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) und ihrer Anwendung in der Automatisierungstechnik.
- Sicheres Beherrschen der Programmierung des Microcontrollers mit Assembler sowie der SPS mit Step7 und den entsprechenden Programmierumgebungen
- Training on Job der Programmierung anhand einer komplexen Anwendung (Projekt)
- Selbständiges problemorientiertes Erlernen mit Hilfe moderner Medien.
- Training der Problemlösung in Team-Arbeit.

## Inhalt

Teil A:

Im Bereich der Rechneranwendungen nimmt Prozessdatenverarbeitung (PDV) bei der Rationalisierung und Automatisierung eine bedeutende Stellung ein, wobei technologisch vorwiegend Microcontroller (MCU) im Anwendungsbereich zum Einsatz kommen. Die grundsätzlichen Konzepte der MCU werden in der Vorlesung „embedded systems“ behandelt. In dieser Wahlpflichtlehrveranstaltung wird zur Einführung auf den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise der MCU am Beispiel des Mikrocontrollers MC912DG128A eingegangen, bevor die Studierenden zur Vertiefung dieser Grundkenntnisse dann anhand von exemplarischen Beispielen (z.B. Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors, Werkzeugmaschinensteuerung, Ablaufsteuerung einer Reaktionszeitmessung) diese vertiefen. Die Programmierung erfolgt in Assembler, da dies den direkten Einblick in die MCU erlaubt. Dabei ist auch der Programmtest mit Hilfe des Debugging eingeschlossen. Für diesen Teil der Lehrveranstaltung steht ein Entwicklungssystem in einem Praktikumsraum zur Verfügung, an dem die Studierenden diese Lehrinhalte selbständig und in freier Zeiteinteilung erarbeiten sollen.

#### Teil B:

Eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist eine elektronische Baugruppe, die in der Automatisierungstechnik für Steuerungs und Regelungsaufgaben eingesetzt wird. Im Prinzip handelt es sich dabei um ein Computersystem mit spezialisierten Eingabe und Ausgabe Schnittstellen. Über diese ist die SPS mit Sensoren und Aktuatoren verbunden und kann so Fertigungsprozesse überwachen und beeinflussen. Wesentlich ist bei der SPS, dass sie programmierbar ist und damit jederzeit flexibel Produkt-, Ablauf- oder Fertigungsveränderungen angepasst werden kann.

Diese Wahlpflichtvorlesung baut auf grundlegendem Wissen zur SPS-Programmierung auf und vermittelt weitergehendes Wissen sowie dessen praktische Anwendung in einem Studienprojekt. Dieses umfasst die Ablaufsteuerung von komplexen Fertigungsprozessen unter Einbeziehung von Modellaufbauten. Methodisch werden auch hier vorwiegend Werkzeuge des Blended-Learnings eingesetzt.

#### Literatur

- Kupris G., Thamm O.: Mikrocontroller- Design. Hard- und Softwareentwicklung mit dem 68HC12/HCS12. Hanser, 2003
- Ungerer T., Brinkschulte U.: Mikrocontroller und Mikroprozessoren. Springer, 2007
- [http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data\\_sheet/MC912DT128A.pdf](http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC912DT128A.pdf)
- Jacobson E.: Einführung in die Prozeßdatenverarbeitung, Hanser, 1996
- Reißerweber B: Prozessdatenverarbeitung, Oldenbourg, 1995, Signatur: /I-LB785
- D. Zastrow, G. Wellenreuther: Automatisieren mit SPS - Theorie und Praxis. Vieweg-Verlag, 2008.

#### Leistungsnachweis

- Der Leistungsnachweis für das Modul erfolgt in Form einer schriftlichen Projektdokumentation und ihrer Präsentation in Form eines Seminarvortrags von 30 Minuten Dauer.
- Der Leistungsnachweis wird in einem Notenschein bestätigt (NoS).



**Verwendbarkeit**

Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen der Studiengänge Elektrotechnik und Informationstechnik (M. Sc.) und Mathematical Engineering (M. Sc.)

**Hinweis:** Das Modul ist nur dann verwendbar, wenn keine der zugehörigen Lehrveranstaltungen im Rahmen eines anderen Moduls eingebracht wird!

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	1326

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13261	SE	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

<b>Voraussetzungen laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Die Module Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme, Werkstoffe der Elektrotechnik und Nanotechnologie sind hilfreich, aber nicht zwingend vorausgesetzt.
<b>Qualifikationsziele</b>
Die Studierenden erhalten einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung in der Industrie und öffentlichen Forschungseinrichtungen.
<b>Inhalt</b>
Mitglieder des Instituts für Physik als auch externe Gäste aus Industrie und Forschungseinrichtungen berichten über aktuelle Herausforderungen und Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Mikro- und Nanosystemtechnik
<b>Literatur</b>
Handout der Vortragenden
<b>Leistungsnachweis</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige Teilnahme über 3 Trimester für den Erhalt eines Teilnahmezeichens.</li> <li>• Regelmäßige Teilnahme über 3 Trimester und ein 45 min. Vortrag für einen benoteten Schein</li> </ul>
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul für Vertiefungsrichtungen der Masterstudiengänge EIT, ME, INF Anwendungsfach Elektrotechnik.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
3 Trimester, in jedem Jahr

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Leistungselektronik</b>	1359

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13591	P	Praktikum: Leistungselektronik	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in leistungselektronischen Schaltungen, wie sie z.B. in einem der Module "Leistungselektronik", "Elektronik für Stromversorgungen" oder "Elektronik für Fahrzeugantriebe" aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung und Anwendung der erworbenen theoretischen Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen</li> <li>• Kenntnisse über die Durchführung von Experimenten an leistungselektronischen Systemen</li> <li>• Einblick in die Ingenieurpraxis</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Grundschaltungen der Leistungselektronik, sowie der Charakterisierung der wichtigsten Bauelemente der Leistungselektronik</li> <li>• Einblick in die wesentlichen Entwicklungs- und Testwerkzeuge für leistungselektronische Schaltungen</li> <li>• Messtechnische Untersuchungen des dynamischen Betriebsverhaltens leistungselektronischer Schaltungen</li> <li>• Steuerung und Regelung von Gleichspannungswandlern und Wechselrichtern</li> <li>• Selbstständige Entwicklung einer elektronischen Schaltung inklusive Layout und Funktionstest</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joachim Specovius, "Grundkurs Leistungselektronik", Vieweg Praxiswissen Verlag, Wiesbaden, 2008</li> <li>• Ulrich Schlienz, "Schaltnetzteile und ihre Peripherie", Vieweg Praxiswissen Verlag, Wiesbaden. 2007</li> </ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 45 Minuten Dauer (sP-45) oder mündliche Prüfung von 15 Minuten Dauer (mP-15), kombinierbar mit (NoS oder TS) oder NoS. Die genaue Art der Prüfung und der Zeitpunkt der Prüfung werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT (M.Sc.)
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Explorative Statistik</b>	1366

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Robert Schmied	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13661	VÜ	Explorative Statistik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

##### Kenntnisse

- in den Modulen „Mathematik I“, „Mathematik II“ und „Mathematik III“ oder
- im Modul „Mathematische Statistik“
- in einer Programmiersprache (z.B. JAVA)

#### Qualifikationsziele

- Fähigkeit zur Klassierung von Daten anhand des Merkmalstyps.
- Fähigkeit zur Beschreibung und Bestimmung von uni- und multivariaten Kenngrößen von Merkmalsträgern und Merkmalen.
- Fähigkeit zur uni- und multivariaten graphischen Darstellung von Merkmalen und Merkmalsträgern.
- Fähigkeit zum Umgang mit fehlenden Werten in Daten.
- Fähigkeit zur Anwendung von Techniken der interaktiven statistischen Graphik zur Exploration von Daten.
- Fähigkeit anhand der gegebenen Daten und Fragestellung entsprechende Verfahren der explorativen Datenanalyse anzuwenden.
- Fähigkeit zum Umgang mit anerkannter Software im Bereich der Datenanalyse.
- Fähigkeit zur Interpretation der Ergebnisse aus Klassierung, Beschreibung, Kenngrößenbestimmung, graphischen Darstellung, Exploration und Verfahrensanwendung.
- Fähigkeit zur Einordnung und Bewertung der Klassierung, Beschreibung, Kenngrößenbestimmung, graphischen Darstellung, Exploration und Verfahrensanwendung auf Basis des dafür notwendigen mathematischen Hintergrunds.
- Fähigkeit zum Transfer auf reale Situationen.
- Fähigkeit zur Präsentation eigener Datenanalyse-Ergebnisse.

Inhalt
<p>Zuerst werden Grundlagen der deskriptiven Statistik erläutert. Dabei werden die zentralen Begriffe des Merkmals und Merkmalsträgers definiert und es wird geklärt, welche Möglichkeiten es zur Beschreibung auf Basis statistischer Kenngrößen gibt. Hierbei kommt es auch darauf an, Merkmale bzw. Merkmalsträger zu vergleichen und voneinander zu differenzieren. Der Teil liefert das statistische Handwerkzeug für die weiteren Methoden und Verfahren.</p> <p>Im zweiten Teil werden Methoden der explorativen Datenanalyse vorgestellt. Hierbei geht es vor allen Dingen um die interaktive statistische Graphik. Die statistische Graphik ermöglicht die visuelle Beschreibung und Untersuchung von gegebenen Daten. Die Graphiken beschreiben die mit Mitteln der deskriptiven Statistik aufbereiteten Daten. Ein Kernaspekt bei der Exploration stellt die Interaktivität dar. Dabei geht es vor allen Dingen um die unabdingbare spezielle softwaretechnische Unterstützung beim Prozess der Exploration der Daten. Verschiedene Techniken werden dazu vorgestellt.</p> <p>Mit dem letzten Teil werden Verfahren der explorativen Datenanalyse betrachtet. Wenn Merkmale aufgrund der beobachteten Daten auf latente Merkmale hin untersucht werden, kann die Faktorenanalyse Unterstützung liefern. Sollen dagegen Merkmalsträger auf Basis der beobachteten Daten gruppiert werden, ist die Clusteranalyse ein probates Mittel. Bei beiden Verfahren werden Strukturen in den Daten aufgedeckt. Im Gegensatz dazu wird beim letzten beschriebenen Verfahren der Regressionsanalyse ein hypothetisches Modell überprüft und auf seine Plausibilität untersucht. Alle drei Verfahren nutzen die beschriebenen explorativen Methoden und deskriptiven Kenngrößen. Sämtliche Inhalte werden parallel zur theoretischen Vermittlung rechnerisch und mit realen Anwendungsdaten geübt.</p> <p>Jeder Studierende erhält bestimmte Übungsaufgaben zur Datenanalyse, die er in Eigenarbeit durchführen und deren Ergebnisse er in einer kurzen Vorführung präsentieren soll.</p>
Leistungsnachweis
Schriftlich Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul in sämtlichen Vertiefungsrichtungen der Masterstudiengänge EIT, ME, CAE, INF.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Industriepraktikum	1368

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Fridolin Heidler	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150		150	5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine
Qualifikationsziele
Das Industriepraktikum soll Grundkenntnisse und praktische Methoden in der Elektrotechnik und Informationstechnik vermitteln. Es soll zudem Einblick geben in die Abläufe und Fertigungsprozesse in der Industrie oder im Handwerksbetrieb oder bei einer Behörde.
Inhalt
<p>Das Industriepraktikum ist an einer geeigneten Praktikumsstelle in der Industrie oder im Handwerksbetrieb oder bei einer Behörde abzuleisten. Tätigkeiten im eigenen oder elterlichen Betrieb werden nicht anerkannt. Das Industriepraktikum hat einen Mindestumfang von insgesamt 20 Tagen (4 Wochen), wobei Fehltag nicht zum abgeleisteten Praktikum zählen.</p> <p>Tätigkeitsbereiche sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mechanische Materialbearbeitung und -verarbeitung von Metallen und Nichtmetallen, Umgang mit Werkzeugen und Werkzeugmaschinen, Arbeitssicherheit</li> <li>2. Herstellung lösbarer und nicht lösbarer elektrischer oder mechanischer Verbindungen, Oberflächenbehandlung, Prüfung von Materialeigenschaften, Montage von Baugruppen, Geräten und Maschinen,</li> <li>3. Entwickeln, Messen und Prüfen von Komponenten, Geräten, Maschinen und Systemen der Elektrotechnik und Informationstechnik,</li> <li>4. Programmieren mit technischem Hintergrund, Umgang mit Betriebssystemen und Anwenderprogrammen, Einsatz von Rechnern,</li> <li>5. Fertigung, Vertrieb, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung von Bauelementen, Baugruppen, Geräten, Maschinen und Anlagen der Elektrotechnik und Informationstechnik.</li> </ol> <p>Im Industriepraktikum muss mindestens einer der in den Ziffern 1 bis 5 aufgeführten Tätigkeitsbereiche vertreten sein.</p>

<b>Leistungsnachweis</b>
Teilnahmeschein, keine Benotung
<p>Der Leistungsnachweis erfolgt durch Führen eines Berichtsheftes, das zur Anerkennung beim Modulverantwortlichen eingereicht wird. Hierbei ist wie folgt vorzugehen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die/der Praktikant/in hat das Industriepraktikum mit Berichten zu dokumentieren. Dazu ist ein Berichtsheft zu führen, in das Eintragungen in den folgenden drei verschiedenen Abschnitten vorzunehmen sind:<ul style="list-style-type: none"><li>• Eine Gesamtübersicht ist zu erstellen, aus der die Ausbildungsstätte (mit Anschrift), die Werkstätten oder Abteilungen und die Tätigkeitszeiten (Wochen) mit Ein- und Austrittstag zu ersehen sind</li><li>• Eine Wochenübersicht ist zu erstellen mit einer kurzen Benennung der ausgeführten Arbeiten und Angabe der Arbeitszeiten</li><li>• Die Praktikantin/der Praktikant hat einen ausführlichen Arbeitsbericht mit einem Mindestumfang von zehn Seiten im Format DIN A4 zu erstellen, wobei der Arbeitsbereich auch geeignete Skizzen, Zeichnungen, Schaltbilder, Graphiken usw. enthalten soll. Der Bericht ist dem/der unmittelbaren Betreuer/in bei der Praktikumsstelle (beim Industriebetrieb/beim Handwerksbetrieb/bei der Behörde) vorzulegen und von dieser/diesem mit Unterschrift und Stempel zu unterzeichnen.</li></ul></li><li>• Neben dem Arbeitsbericht ist zur Anerkennung des Industriepraktikums eine Bestätigung der Ausbildungsstätte vorzulegen. Diese soll enthalten:<ul style="list-style-type: none"><li>• Angaben zur Person der Praktikantin/des Praktikanten</li><li>• Ort, Art und Dauer der Tätigkeit</li><li>• Fehltage (Krankheit oder sonstige Abwesenheit wie in Anspruch genommene Urlaubstage); die Angaben über Fehl- und Urlaubstage muss die Bestätigung auch dann enthalten, wenn keine zu verzeichnen sind.</li></ul></li></ul>
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Elektrotechnik und Informationstechnik (M. Sc.)
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester



Modulname	Modulnummer
<b>Grundlagen der Blitzschutztechnik</b>	1369

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Fridolin Heidler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13691	VÜ	Grundlagen der Blitzschutztechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundlegende Kenntnisse auf dem Gebiet der Hochspannungstechnik
Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen die physikalischen Zusammenhänge, die zur Gewitterbildung und zum Entstehen eines Blitzes führen. Sie kennen die Störgrößen, die bei einer Blitzentladung bedeutsam sind, und verstehen die wichtigsten Maßnahmen, nach denen eine Blitzschutzanlage nach VDE 0185-305-3 ausgelegt wird, und die wichtigsten Maßnahmen zum Schutz der Elektronik nach VDE 0185-305-4. Die Studierenden kennen die Unterschiede zwischen den Prüfgeneratoren und Prüfverfahren, die hinsichtlich des Blitzschutzes eingesetzt werden, und können sie beschreiben und verstehen. Sie verstehen die transienten Ausgleichsvorgänge bei Blitzschlag in (Hochspannungs-)Leitungen und die daraus resultierenden Gefahren.
Inhalt
In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen auf dem Gebiet des Blitzschutzes bekannt gemacht. Sie erhalten grundlegende Einblicke in die Historie der Blitzforschung, die (globalen) Gewittereinflüsse und Gewittergeschehnisse wie Ladungsträgertrennung in der Atmosphäre, Entstehung und Aufbau von Gewitterzellen, Gewitterhäufigkeit und Einschlagwahrscheinlichkeit. Hierbei wird die Entstehung von Blitzen, ihre Unterscheidung nach Polarität und Richtung des Entladungsvorgangs bekannt gemacht. Die Studierenden erhalten Einblick in das elektrostatische Gewitterfeld, das elektrische und magnetische Blitzfeld, die Schutzraumbestimmung, die Komponenten des Blitzstroms und ihre Wirkungen, die Anwendung in Rechenmodellen sowie die Verankerung in der Normung. Die Studierenden kennen die grundlegenden Elemente einer Blitzschutzanlage, bestehend aus einer äußeren Blitzschutzanlage mit den Komponenten Fangeinrichtung, Ableitungsanlage sowie Erdungsanlage und einer inneren Blitzschutzanlage mit Maßnahmen zum Potentialausgleich und zur

Einhaltung der Trennungsabstände. Die Studierenden erlernen die grundlegenden Schutzmaßnahmen basierend auf dem Blitzschutzkonzept, der Schirmung von Gebäuden und Räumen und Leitungen. Sie erlernen die Fähigkeit, Blitzströme, die sich auf den Leitungen der Blitzschutzanlage und den Versorgungsleitungen ausbilden, zu charakterisieren und dagegen zu schützen und hierfür geeignete Ableiter nach Typ und Art auszuwählen. Sie kennen die grundlegenden Prüfverfahren zur Nachweis des Blitzschutzes und die hierfür eingesetzten Prüfgeneratoren.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Heidler, F., Stimper, K: "Blitz und Blitzschutz". 1. Auflage, VDE-Schriftenreihe 128. Berlin, VDE-Verlag, 2009</li><li>• Hasse, P., Wiesinger, J., Zischank, W.: "Handbuch für Blitzschutz und Erdung". 5. Auflage. München, Pflaum Verlag, 2006</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 75 Min oder mündliche Prüfung 25 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Power"</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Numerik und Chaostheorie</b>	1391

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13911	VÜ	Numerik	Pflicht	3
13912	VÜ	Chaostheorie	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse der Ingenieurmathematik sowie Kenntnisse eines der folgenden Module, die an der UniBwM im Bachelor "Mathematical Engineering" bzw. im Bachelor "Elektrotechnik und Informationstechnik" bzw. im Bachelor "Luft- und Raumfahrttechnik" absolviert werden: Modul "Systemtheorie" oder Modul "Steuer- und Regelungstechnik" oder Modul "Regelungstechnik".

#### Qualifikationsziele

- Die Studierenden kennen wichtige Beispiele nichtlinearer Dynamiken, die in der Elektrotechnik und in anderen Bereichen der Ingenieurwissenschaft vorkommen.
- Die Studierenden kennen die gängigsten Näherungstechniken, womit eine Differentialgleichung numerisch diskretisiert und gelöst werden kann, mit einem Schwerpunkt auf Stabilität und Genauigkeit.
- Die Studierenden sind in der Lage, die Unterschiede und Vorteile jedes numerischen Algorithmus zu erkennen.
- Die Studierenden kennen die Bedeutung von Bifurkationen in nichtlinearen Systemen bezüglich Existenz von Grenzzyklen und Instabilitäten. Die Studierenden sind in der Lage, die wichtigsten Charakteristiken der unterschiedlichen Bifurkationen zu erkennen.
- Die Studierenden kennen die Entstehung eines chaotischen Verhaltens in nichtlinearen Systemen und wie dieses charakterisiert wird.

#### Inhalt

- Beispiele von nichtlinearen Dynamiken in der Elektrotechnik. Was sind chaotische Systeme.
- Mathematische Einführung in die Theorie der Gewöhnlichen Differentialgleichungen.

- Numerische Lösungen von nichtlinearen Differentialgleichungen. Diskretisierungsfehler. Euler-Algorithmus (explizit und implizit), Runge-Kutta-Algorithmus, symplektischer Verlet-Algorithmus. Unterschiede, Vorteile/Nachteile jedes Algorithmus.
- Grenzyklen in nichtlinearen Systemen. Existenz von periodischen Bewegungen und Beispiele. Störungstheorie zur Behandlung von unterschiedlichen Zeitskalen.
- Stabilitätsbegriffe in nichtlinearen Systemen. Lyapunov-Stabilitätstheoreme für autonome, nichtlineare Systeme.
- Einführung in die Bifurkationstheorie und Klassifizierung von Bifurkationen.
- Einführung in die Chaostheorie. Entstehung von Chaos in nichtlinearen Systemen.
- Eine nützliche Anwendung der Chaostheorie in der Elektrotechnik: Synchronisation von chaotischen Systemen und Übertragung von verschlüsselten Signalen

#### Literatur

- H. Khalil, "Nonlinear Systems", Verlag Prentice Hall, 2002 (begleitend + weiterführend)
- W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, "Numerical Recipes in C" (second edition), Verlag Cambridge University Press, 1992; <http://www.nrbook.com/a/bookcpdf.php> (begleitend + weiterführend)
- H. R. Schwarz, "Numerische Mathematik", Verlag Teubner, 1997 (begleitend + weiterführend)
- S. H. Strogatz, "Nonlinear Dynamics and Chaos", Verlag Perseus Books, 1994 (begleitend + weiterführend)

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 75min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25min Dauer (mP-25) am Ende des Wintertrimesters. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Folgequartals. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

#### Verwendbarkeit

- Verwendbar im Rahmen des Masterstudiengangs "Elektrotechnik und Informationstechnik" für alle Vertiefungsrichtungen.
- Verwendbar im Rahmen des Masterstudiengangs "Mathematical Engineering" für alle Vertiefungsrichtungen.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Mathematik der Information</b>	1404

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. Stefan Schäffler	Wahlpflicht	5

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14041	VÜ	Mathematik der Information	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Bachelor EIT, ME
Qualifikationsziele
Grundlagen aus der Stochastik und Grundkenntnisse in Math. Informationstheorie.
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeitstheorie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maß- und Integrationstheorie</li> <li>• Zufallsvariablen</li> </ul> </li> <li>• Math. Informationstheorie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellen und Kanäle</li> <li>• Sätze von Shannon</li> </ul> </li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• P. Billingsley: "Ergodic Theory and Information", Wiley &amp; Sons.</li> <li>• Skriptum</li> </ul>
Leistungsnachweis
Eine schriftliche Prüfung von 45 Minuten oder eine mündliche Prüfung von 20 Minuten. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters bekanntgegeben.
Verwendbarkeit
Für alle Module und Masterarbeiten, die Stochastik und/oder Informationstheorie benötigen.

Dauer und Häufigkeit
----------------------

1 Trimester, in jedem FT
--------------------------

Modulname	Modulnummer
<b>Simulation leistungselektronischer Systeme</b>	1446

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Brückner	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14461	SE	Simulation leistungselektronischer Systeme	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse des Moduls "Grundlagen der Elektrotechnik",</li> <li>• Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Leistungselektronik".</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über Anwendungsbereiche, Möglichkeiten und Grenzen von Simulationen leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• Selbständiges Erfassen der technischen Fragestellung und Auswahl der geeigneten Modellierungsebene und Simulations-Tools,</li> <li>• Fähigkeiten zum Aufbau multidimensionaler Simulationen und zur Bewertung der Ergebnisse.</li> </ul>
Inhalt
<p>Im Vorlesungsteil werden die theoretischen Grundlagen der Systemsimulation behandelt und u.a. folgende Aspekte adressiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Warum Simulation leistungselektronischer Systeme?</li> <li>• Aufgabenbezogene Modellbildung und Modellierungstiefe,</li> <li>• Tools für die Systemsimulation: MATLAB, SIMULINK, PLECS,</li> <li>• Grundlagen der Simulation kontinuierlicher Systeme und Besonderheiten leistungselektronischer Systeme,</li> <li>• Modellierung und Simulation elektrischer, thermischer, magnetischer und mechanischer Komponenten.</li> </ul> <p>Im praktischen Teil bearbeiten die Studierenden selbständig Anwendungsbeispiele (vom Gleichspannungswandler zum dreiphasigen Wechselrichter inkl. Systemumgebung) und stellen die Ergebnisse in der Klasse vor.</p>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Angermann: „MATLAB-Simulink-Stateflow“, 5. Auflage, Oldenbourg, 2007</li><li>• W. Pietruszka, „MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis“, 3. Auflage, Vieweg, 2012</li><li>• PLECS User Manual, Plexim GmbH, 2019</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein (NoS). Die Leistungspunkte werden durch die selbstständige Bearbeitung eines Simulationsprojektes sowie eine kurze Prüfung erworben. Die genaue Art und Aufteilung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT



Modulname	Modulnummer
Kryptologie	1457

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Robert Schmied	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14571	VÜ	Kryptologie	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<p>Kenntnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>in den Modulen „Mathematik I“, „Mathematik II“ und „Mathematik III“ oder vergleichbar,</li> <li>in einer höheren Programmiersprache (z.B. JAVA).</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit zur Klassierung von kryptographischen Verfahren anhand der mathematischen Grundlagen aus der Algebra.</li> <li>Fähigkeit, Algorithmen zu lesen und zu interpretieren.</li> <li>Fähigkeit zur Beschreibung und programmiertechnischen Umsetzung der kryptographischen Verfahren.</li> <li>Fähigkeit zur Einordnung und Bewertung der kryptographischen und kryptoanalytischen Verfahren und Methoden auf Basis des dafür notwendigen mathematischen Hintergrunds.</li> <li>Fähigkeit zur Untersuchung sicherheitskritischer Aspekte in bestehenden Systemen.</li> <li>Fähigkeit, Internet-basierte kryptographische Anwendungen und deren kryptoanalytische Angriffspotenziale in Grundzügen zu verstehen.</li> <li>Fähigkeit zum Transfer auf reale Situationen unter nachrichtentechnisch bedingten Einschränkungen.</li> <li>Fähigkeit zur Einordnung kryptographischer und kryptoanalytischer Angriffsmethoden anhand komplexitätstheoretischer Aspekte.</li> </ul>
Inhalt
Verschiedene alltägliche Anwendungen werden unter dem zentralen Aspekt der IT-Sicherheit betrachtet. In diesem Zusammenhang werden häufig kryptologische Systeme benutzt. Deshalb werden die Fragen geklärt, was unter einem Kryptosystem zu verstehen ist, an welcher Stelle kryptologische Elemente bei der digitalen Kommunikation auftreten

<p>und wie sich die Begriffe Kryptographie und Kryptoanalyse unterscheiden. Auf Basis mathematischer Grundlagen aus der Zahlentheorie und Algebra, die zum Verstehen kryptographischer Systeme notwendig sind, können verschiedene kryptographische Verfahren, ihre Angriffspunkte und deren Anwendungen vorgestellt werden. Als Beispiel seien symmetrische Verschlüsselungsverfahren wie affin lineare Blockchiffren, asymmetrische Verfahren auf Basis von Trapdoor-Einwegfunktionen wie das RSA-Verfahren oder Verfahren auf Basis elliptischer Kurven genannt. Zur Anwendung kommen sie bei der Identifikation und Authentifikation oder zur digitalen Signierung und Zertifizierung. Diese sicherheitsrelevanten Themen und die Möglichkeiten, unter Voraussetzung der Kenntnis des Verschlüsselungsalgorithmus kryptographische Systeme anzugreifen und auszuhebeln, schließen die Betrachtungen ab.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Beutelspacher, Kryptografie in Theorie und Praxis, Vieweg+Teubner-Verlag</li> <li>• D. Wätjen, Kryptographie, Spektrum-Verlag</li> <li>• A. Bartholome, Zahlentheorie für Einsteiger, Vieweg-Verlag</li> <li>• V. Diekert, M. Kufleitner, G. Rosenberger, Diskrete Algebraische Methoden, De-Gruyter-Verlag</li> <li>• J. Hoffstein, J. Pipher, J.H. Silverman, An Introduction to Mathematical Cryptography, Springer-Verlag</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 30 min Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <p>Allgemeines und in sämtlichen Vertiefungsrichtungen verwendbares Wahlpflichtmodul für den Masterstudiengang EIT</p>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>1 Trimester, nur im FT</p>

Modulname	Modulnummer
Laborpraktikum I	1461

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150			5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb praktischer Fähigkeiten im Laborbetrieb.</li> <li>• Erwerb von Kenntnissen zur Auslegung von elektrischen Systemen und Anlagen.</li> <li>• Erlernen des Umgangs mit Messsystemen und Auswerteargorithmen.</li> <li>• Erwerb der Fähigkeit zur Analyse experimentell gewonnener Daten.</li> </ul>
Inhalt
<p>Kennenlernen realer Laborarbeit im Bereich Forschung und Entwicklung.</p> <p>Die Inhalte von „Modul 1461 Laborpraktikum I“ und „Modul 1462 Laborpraktikum II“ müssen sich thematisch signifikant unterscheiden.</p>
Leistungsnachweis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahmechein (TS)</li> <li>• Über die Dauer der Tätigkeit ist ein Berichtsheft zu führen, das vom jeweiligen Betreuer abgezeichnet wird.</li> </ul>
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Laborpraktikum II	1462

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	5

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150			5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
keine
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb praktischer Fähigkeiten im Laborbetrieb.</li> <li>• Erwerb von Kenntnissen zur Auslegung von elektrischen Systemen und Anlagen.</li> <li>• Erlernen des Umgangs mit Messsystemen und Auswerteargorithmen.</li> <li>• Erwerb der Fähigkeit zur Analyse experimentell gewonnener Daten.</li> </ul>
Inhalt
<p>Kennenlernen realer Laborarbeit im Bereich Forschung und Entwicklung.</p> <p>Die Inhalte von „Modul 1461 Laborpraktikum I“ und „Modul 1462 Laborpraktikum II“ müssen sich thematisch signifikant unterscheiden.</p>
Leistungsnachweis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahmechein (TS)</li> <li>• Über die Dauer der Tätigkeit ist ein Berichtsheft zu führen, das vom jeweiligen Betreuer abgezeichnet wird.</li> </ul>
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Flexible hybride Elektronik und Integration</b>	1463

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr. Ronnie Bose Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Christoph Kutter	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14631	V/Ü/P	Flexible hybride Elektronik und Integration	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Module "Grundlagen der Elektrotechnik I+II",</li> <li>• Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme"</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziel des Kurses ist, dass die Studierenden Grundkenntnisse über das neue Feld der Flexiblen Hybriden Elektronik und die Systemintegration erlernen</li> <li>• Die Studierenden erlernen die Systemanforderungen von flexiblen Systemen und lernen in einer Projektarbeit ein flexibles System selbst auszulegen</li> <li>• In einem Workshop an der Fraunhofer EMFT sehen die Studenten die Geräte die für Herstellung von flexiblen hybriden Elektroniksystemen verwendet werden</li> </ul>
Inhalt
<p>Im Vorlesungsteil werden die Grundkenntnisse der flexiblen hybriden Elektronik vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in Flexible Elektronik, Industrie Standards und Applikationen</li> <li>• Grundlagen von PCB – Aufbau und Verbindungstechnik</li> <li>• Von Rigid zu Flex – Fokus auf Substrate wie Folien, Polymere, Papier u.a.</li> <li>• Verdrahtung und Interconnects auf Flex: Lithographie, Druck, Additive Verfahren</li> <li>• Chip Integration: Ultra dünne Silizium ICs, MEMS Integration</li> <li>• Gedruckte Displays: Electro-chromic, E-Ink Technology</li> <li>• Disposables für Medizin / Diagnostik – Mikrofluidik</li> <li>• Emerging Technologies: HF ICs und Antennen Co-Design</li> <li>• Spezielle Applikationen: E-Skin, Wearables, Medizin, IoT Knoten, Security Applikationen</li> <li>• Reliability (ISO/IEC, IPC-TM-650, MIL-STE/D, JESD22 etc.)</li> </ul>

- Produktions von Flexibler Elektronik, Kostenmodelle

Im Tutorial wird der Vorlesungsinhalt anhand von Übungen und Rechenbeispielen vertieft.

In einem Besuch der Fraunhofer EMFT wird die Fertigung von Flexiblen Systemen gezeigt und es besteht die Möglichkeit die Fertigungsanlagen und den Fertigungsprozess zu besichtigen. In der Projektarbeit erlernen die Studierenden ein Flexibles System auszulegen.

#### Literatur

- Practical MEMS, Kaajakari, Small Gear Pub., 2009
- Flexible Electronics: Materials and Applications, Edited by William Wong & Alberto Salleo
- American SEMI Papers from R. Chaney and D. Hackler

#### Leistungsnachweis

- Notenschein (NoS)
- Die Leistungspunkte werden durch eine schriftliche Prüfung erworben. Nähere Informationen werden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.

#### Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Halbleitersensoren und Mikrosysteme</b>	1488

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Christoph Kutter	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14881	VÜ	Halbleitersensoren und Mikrosysteme	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Module "Grundlagen der Elektrotechnik I+II",</li> <li>• Kenntnisse entsprechend der Module "Mathematik I - IV",</li> <li>• Kenntnisse des Moduls "Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme" (empfohlen, ist aber nicht Voraussetzung)</li> </ul>
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über die Funktionsweise von Halbleitersensoren und Mikrosystemen und deren Anwendungsbereiche</li> <li>• Verständnis über die Auslegung und Systemintegration von Halbleitersensoren und Mikrosystemen</li> <li>• Grundlegendes Verständnis über den Markt von Halbleitersensoren und Mikrosysteme und zukünftige Entwicklungen</li> </ul>
Inhalt
<p>Im Vorlesungsteil werden die grundlegenden Arten von Halbleitersensoren und Mikrosystemen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in Halbleitersensoren und Mikrosysteme</li> <li>• Mechanische Sensoren</li> <li>• Magnetfeldsensoren</li> <li>• Temperatursen. inkl. bildgebende Sensoren</li> <li>• Optischen Sen. incl Digitalkamera und Strahlungsdetektoren</li> <li>• Chemische Sensoren und Biosensoren</li> <li>• Herstellung von Mikrosystemen</li> <li>• Sensormarkt und Internet of Things</li> </ul>

<p>In der Übung werden die Grundlagen zu den Sensortypen anhand von Beispielen vertieft. Hierfür werden die Grundprinzipien in Rechnung vertieft und grundsätzliche Fragen der Auslegung von Mikrosystemen diskutiert.</p> <p>In einem Besuch der Fraunhofer EMFT wird die Fertigung von Mikrosystemen gezeigt und es besteht die Möglichkeit die Fertigungsanlagen und den Fertigungsprozess zu besichtigen.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Practical MEMS, Kaajakari, Small Gear Pub., 2009</li><li>• Physics of Semiconductor Devices, S.M. Sze, Wiley, 2006</li><li>• Experimentalphysik 1-4, W. Demtröder, Springer</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Notenschein (NoS)</li><li>• Die Leistungspunkte werden durch eine schriftliche Prüfung erworben. Nähere Informationen werden zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.</li></ul>
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT



Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Numerische Simulation in der Technik</b>	1493

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
14931	P	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Den Modulen Mathematik I-IV entsprechende mathematische Kenntnisse sowie dem Modul Ingenieurinformatik entsprechende Programmierkenntnisse.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können Matlab oder eine vergleichbare Programmierumgebung zum Durchführen numerischer oder statistischer Simulationsrechnungen und zur graphischen Aufbereitung der Simulationsergebnisse einsetzen. Sie erwerben die Fähigkeit, Bausteine numerischer Lösungsmethoden (etwa zur Nullstellenberechnung, zur Optimierung, zur Datenanalyse oder zum Lösen von Differentialgleichungen) zu komplexeren Anwendungscodes zusammensetzen. Sie sind in der Lage, die Zuverlässigkeit der berechneten Simulationsergebnisse einzuschätzen.
Inhalt
Zwei in sich abgeschlossene Problemstellungen aus einer technischen Anwendung werden vorgegeben, etwa aus der Regelungstechnik, der Mechanik, der Signalverarbeitung oder der medizinischen Bildverarbeitung – individuelle Präferenzen der Studierenden können hierbei berücksichtigt werden. Zunächst wird ein mathematisches Modell erstellt. Anschließend sind ein Lösungsverfahren zu entwerfen und ein Algorithmus zu formulieren. Eine Implementierung in der vorgegebenen Programmierumgebung ist zu erstellen und auf die Problemstellung anzuwenden. Die Validität der errechneten Lösungen ist zu überprüfen und die Resultate sind in geeigneter Form – auch graphisch – darzustellen.
Literatur
Wird je zur konkreten Aufgabenstellung passend angegeben.

Leistungsnachweis
Notenschein
Verwendbarkeit
Wahlpflichtpraktikum im Master-Studiengang EIT in allen Vertiefungsrichtungen.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem WT und FT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop</b>	1504

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	30	120	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15041	P	Simulink für Hardware in the Loop (HiL) Prüfstände	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulink-Basiswissen ist von Vorteil, aber nicht zwingend notwendig</li> <li>• Bereitschaft zu eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams</li> <li>• Wegen der auf die Studierenden zentrierten Ausrichtung muss die Teilnehmerzahl auf 9 begrenzt werden</li> <li>• Kenntnisse der Steuerung/ Regelung von Systemen von Vorteil</li> </ul>
Qualifikationsziele
Die Studierenden sollen die Programmierung mit Simulink und Stateflow erlernen. Es werden die Grundlagen von Hardware in the Loop Simulation vermittelt und Einblicke in die Ingenieurpraxis gegeben.
Inhalt
Die Studierenden werden im Rahmen des Praktikums am Beispiel von LEGO Mindstorm-Robotern in den Grundlagen der Verwendung von Simulink für HiL-Prüfstände unterrichtet. In der Präsenzphase werden sie über die Grundlagen aufgeklärt und erhalten die Prüfungsaufgabe. Aus einer vorgegebenen Menge an LEGO-Steinen, - Bauelementen, -Sensoren und -Elektromotoren soll durch die Studierenden in kleinen Teams ein Roboter/eine Anlage aufgebaut und mittels Simulink programmiert werden, der/die in der Lage ist, die Prüfungsaufgabe zu erfüllen. In der Prüfung wird zunächst eine bekannte Prüfungsaufgabe gestellt. In einer zweiten Phase wird die Aufgabe leicht modifiziert und die Studierenden bekommen vor Ort die Gelegenheit, die notwendigen Modifikationen durchzuführen.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Angermann, M. Beuschel, M. Rau: „MATLAB-Simulink-Stateflow“, 5. Auflage, Oldenbourg, 2007</li> </ul>

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• W. Pietruszka, „MATLAB und Simulink in der Ingenieurpraxis“, 3. Auflage, Vieweg, 2012</li><li>• M. Scholz, B. Jost, T. Leimbach, „Das EV3-Universum: Ein umfassender Einstieg in LEGO MINDSTORMS EV3 mit 8 spannenden Roboterprojekten“, 1. Auflage, Hüthig Jehle Rehm, 2014</li></ul> |
|--|

<b>Leistungsnachweis</b>
--------------------------

Notenschein (NoS). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
--

<b>Verwendbarkeit</b>
-----------------------

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul> |
|--|

<b>Dauer und Häufigkeit</b>
-----------------------------

1 Trimester, in jedem Studienjahr
-----------------------------------

Modulname	Modulnummer
Approximation von Funktionen	1508

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15081	VÜ	Approximation von Funktionen	Pflicht	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
unabdingbar: Module „Mathematik 1-4“
Qualifikationsziele
Approximation ist eine praktische Notwendigkeit, wenn Funktionen nicht genau bekannt sind, wenn zum Beispiel nur endlich viele ihrer Werte beobachtet werden können – und diese Messwerte womöglich überdies ungenau sind. Sie ist außerdem erforderlich, um Funktionen näherungsweise durch endlich viele Parameter zu beschreiben, was eine Bedingung für die Darstellung auf Computern ist. In diesem Modul werden theoretische und praktische Kenntnisse der Approximation von Funktionen in einer oder mehreren Veränderlichen vermittelt, die in der beruflichen Praxis nützlich sind.
Inhalt
<p>Fourierreihen und Fouriertransformation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• endliche Fourierreihe als Lösung einer Approximationsaufgabe</li> <li>• numerische Berechnung von Fourierkoeffizienten</li> <li>• näherungsweise Berechnung einer Fouriertransformierten</li> <li>• schnelle Berechnung mit der Fast Fourier Transform (FFT)</li> </ul> <p>Splinefunktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpolation von Funktionswerten mit polynomialen Splinefunktionen</li> <li>• Interpolation von Funktionen in mehreren Veränderlichen mit Splines</li> <li>• Glättende Splines bei ungenauen Messwerten</li> </ul> <p>Wavelets</p>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Approximationseigenschaften</li><li>• Berechnung</li></ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Dahmen, Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer Verlag</li><li>• Richter: Skriptum zur Vorlesung „Approximation von Funktionen“</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP-90 oder mP-25 am Ende des Trimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben, ebenso ein Prüfungsplan.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul in den Master-Studiengängen EIT in allen Vertiefungsrichtungen
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, unregelmäßig

Modulname	Modulnummer
<b>Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden</b>	1831

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18311	V/Ü/P	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Grundlagen der Chemie, wie durch Abitur vermittelt,
- Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und Physik, wie im BSc Studium vermittelt,
- eventuell Programmierkenntnisse,
- eventuell Kenntnisse numerischer Modellierung.

#### Qualifikationsziele

Der/die Studierende erwirbt die Kompetenz, schwach und stark ionisierte, verdünnte Fluide mittels numerischer Strömungsmechanik und Plasmamodellierung zu simulieren. Er/sie wird in die Lage versetzt, Simulationen verdünnter, ionisierter Fluide durchzuführen sowie die Ergebnisse zu analysieren und mit experimentellen Referenzdaten zu vergleichen. Die Studierenden lernen den mathematischen Hintergrund der Modellierung dieser physikalischen Phänomene kennen und erlernen den Umgang mit der Software zur Durchführung dieser Simulationen. Im Bereich der elektrischen Satellitenantriebstechnologie sind die Modellierung und Analyse des Plasmas unabdingbar geworden und unterstützen den Design- und Optimierungsprozess bei der Entwicklung neuer Antriebe.

#### Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen und der praktischen Anwendung der Modellierung von verdünnten, ionisierten Fluiden bekannt gemacht. Sie erhalten Kenntnisse zum Einsatz dieses Wissens zur Simulation von Plasmen in der elektrischen Satellitenantriebstechnik.

- Sie erhalten eine Einführung in die Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik und Plasmamodellierung und den Umgang mit kommerzieller Modellierungssoftware.

- Sie erhalten eine Einführung in die praktische Modellierung realer Systeme.
- Auf Basis dieser Grundlagen werden in exemplarischer Weise Simulationen von Plasmen und verdünnter Gase durchgeführt.
- Die Studierenden erlernen die Auswertung der durchgeführten Simulation.

Leistungsnachweis

Notenschein

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem HT



Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 1</b>	1846

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18461	VP	Biosignal-Messtechnik	Pflicht	3
18464	VL	Konzepte von Fahrerassistenzsystemen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit in kleinen Teams.
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur zuverlässigen und sicheren Registrierung und Darstellung von Körpersignalen und verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie kennen wesentliche Eigenschaften und Besonderheiten ausgewählter Biosignale wie EKG, EEG, EMG und differenzieren ein breites Spektrum von Anwendungsaspekten. Die Studierenden kennen grundlegende Konzepte und aktuelle Technologien von Fahrerassistenzsystemen und reflektieren kritisch die spezifischen Herausforderungen des Autonomen Fahrens. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.
Inhalt
Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert.

Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 1 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignal-Messtechnik und Konzepte von Fahrerassistenzsystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignal-Messtechnik (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In verschiedenen Lehreinheiten wird die Erfassung und Verarbeitung biologischer Signale unter Verwendung des Biopac-Student-Lab ([www.biopac.com](http://www.biopac.com)) und der PhysioNet-Datenbank demonstriert. Teams von jeweils drei Studierenden führen Messungen sowie Auswertungen selbständig durch und erarbeiten so die einzelnen Lektionen in weitgehend freier Zeiteinteilung. In gemeinsamen Seminarveranstaltungen erörtern die Studierenden charakteristische Eigenschaften biologischer Signale und erarbeiten Techniken zur zuverlässigen Signalregistrierung. Dabei erhalten sie einen Einblick in die physiologischen Grundlagen biologischer Signalquellen und in die für die Messung erforderliche Sensor- und Digitalisierungstechnik. Sie machen sich mit den sicherheitstechnischen Aspekten der Signalerfassung am menschlichen Körper vertraut und erlernen die Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich. Anhand typischer Anwendungsbeispiele aus Medizin, Biowissenschaften und Ambient-Assisted Living werden die Inhalte schließlich konkretisiert und vertieft.

b) Lehrveranstaltung Konzepte von Fahrerassistenzsystemen (Dr. rer. nat. Dietrich Manstetten)

Die Lehrveranstaltung konzentriert sich auf den Kontext der Rolle des Menschen in der Fahrzeugführung und die zur Unterstützung dieser Aufgabe entwickelten technischen Systeme. Aktuelle Fahrerassistenzsysteme (Elektronisches Stabilitäts Programm ESP, Adaptive Cruise Control ACC, Notbremssysteme, Spurhalteunterstützung, Nachtsichtsysteme) werden aus Unfallforschung und Verkehrstheorie motiviert und im Detail erläutert. Die Implikationen für die sich ändernde Rolle des Fahrers werden dargestellt und anhand von informationstechnischen Technologien der Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. der Fahrerzustandserkennung konkretisiert. Die Studierenden erörtern Techniken zur Umwelterfassung und die dazu erforderliche Sensortechnologie. Sie erlernen Methoden zur Modellierung des Fahrerhaltens und erhalten Einblick in den Systemtest mit Fahrsimulatoren und auf Teststrecken. Die Studierenden diskutieren die sinnvolle Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstelle und setzen sich mit technischen wie ethischen Aspekten des autonomen Fahrens auseinander.

#### Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019.
- Rangayyan RM: Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach, Wiley-IEEE Press, 2002
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Bengler K, Drüke J, Hoffmann S, Manstetten D, Neukum A (Eds.) (2017): UR:BAN Human Factors in Traffic - Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic. ATZ/MTZ Fachbuch, Springer-Vieweg, 2017

- Winner H, Hakuli S, Wolf G: Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Verlag Vieweg&Teubner, 2009.

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Hinweis: Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige Bearbeitung der Biosignal-Messtechnik-Lehreinheiten im Labor mit Abgabe der Messprotokolle sowie die Bearbeitung einer Hausaufgabe zur Lehrveranstaltung Konzepte von Fahrerassistenzsystemen mit abschließender Ergebnispräsentation.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Micro & Nano Electronics"
- Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul MINT
- Vorbereitung von Masterarbeiten auf dem Gebiet der Biomedizinischen Informationstechnik.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Entwurf moderner Modem System-on-Chips	1876

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18761	VÜ	Entwurf moderner Modem System-on-Chips	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine

Qualifikationsziele
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul kennen die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktion und Algorithmen von Kernkomponenten moderner Kommunikationssysteme</li> <li>• moderne Prozessor- und Speicherarchitekturen</li> <li>• die Grundlagen des Hardware-Software Co-Designs</li> <li>• den Entwurf von dedizierten Hardwarebeschleunigern und deren Integration in ein Prozessorsystem</li> </ul>

Inhalt
<p>Die Komplexität heutiger Kommunikationssysteme erfordert eine schaltungstechnische Umsetzung in Form sogenannter System-on-Chips (SoCs), welche neben einem Prozessorsystem ebenfalls eine Vielzahl an dedizierten Hardwarebeschleunigern für rechenintensive digitale Basisbandalgorithmen auf einem einzelnen Stück Silizium integrieren. Studierende erlernen durch die Teilnahme an diesem Modul die wesentlichen Entwurfsmethoden dieser SoCs. Nach einer Übersicht aktueller Kommunikationssysteme, welche insbesondere die 5te Mobilfunk- und 6te WiFi-Generation beinhaltet, werden sowohl Hardware- als auch Softwarekonzepte zur Realisierung solcher Systeme vorgestellt und die Notwendigkeit eines Hardware-Software Co-Designs herausgestellt. Im Folgenden wird ein Einblick in verschiedene Prozessor- und Speicherarchitekturen gegeben, bevor abschließend die schaltungstechnische Umsetzung einzelner digitaler Basisbandalgorithmen (inklusive sogenannter Low-Density-Parity-Check Dekoder zur Vorwärtsfehlerkorrektur) in Form von dedizierten Hardwarebeschleunigern und deren Integration in ein bestehendes Prozessorsystem detailliert wird. Begleitet wird die Vorlesung von einer praxisorientierten Übung, in der Kernbausteine heutiger</p>

Kommunikationssysteme von den Studierenden implementiert und mit Hilfe eines FPGAs umgesetzt werden sollen.
Leistungsnachweis
Notenschein
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul MINT
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Praktikum Halbleitertechnologie</b>	1898

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	84	66	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18981	P	Praktikum Halbleitertechnologie	Pflicht	150
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Teilnahme an dem Pflichtmodul Halbleitertechnologie wird vorausgesetzt</li> <li>Kenntnisse im Bereich der Halbleiterbauelemente</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden lernen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Kenntnisse der Vorlesung Halbleitertechnologie anzuwenden.</li> <li>sich fachgerecht im Reinraum zu verhalten.</li> <li>selbstständig Prozessschritte durchzuführen.</li> <li>gängige Messinstrumente zu verwenden und sicher zu bedienen.</li> <li>elektronische Bauelement auf Chipebene zu vermessen.</li> <li>eigene Messungen zu interpretieren.</li> <li>eigene Ergebnisse mit Hilfe theoretischer Werte einzuordnen.</li> </ul>
Inhalt
<p>Jeder Studierende stellt selbstständig im Reinraum auf einem Siliziumwafer elektrische Bauelemente her. Dazu gehören einfache Bauteile, wie eine pn-Diode oder MOS-Kapazität, aber auch ein MOS-Transistor, welcher bis heute der Technologietreiber in der Industrie ist. Für die Herstellung der einzelnen Bauelemente führen die Studierenden eine Reihe für die Elektrotechnik wichtiger Technologien, wie z.B. Vakuumtechnik, Fotolithografie, nass- und trockenchemische Prozesse, Abscheidung von Dünnschichten durch. Am Ende vermessen die Studenten ihre hergestellten Bauteile und vergleichen die so gewonnen Ergebnisse mit der Theorie.</p>
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wahlpflichtmodul im M.Sc. Studiengang Mathematical Engineering</li> <li>Wahlpflichtmodul im M.Sc. Studiengang EIT</li> </ul>

Dauer und Häufigkeit
----------------------

1 Trimester, nur im FT
------------------------

Modulname	Modulnummer
<b>Werkstoffe der Elektrotechnik</b>	1899

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18991	VÜ	Werkstoffe der Elektrotechnik	Wahlpflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Der Stoff des Bachelormoduls Physik wird vorausgesetzt.
- Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik sind hilfreich.
- Der Inhalt des Moduls Halbleitertechnologie ist hilfreich.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- beschreiben Werkstoffe anhand ihrer strukturellen, mechanischen, elektrischen, optischen, thermischen und chemischen Eigenschaften.
- erkennen die unterschiedlichen Werkstoffklassen richtig.
- identifizieren Zusammenhänge zwischen mikroskopischer Struktur und makroskopischen Eigenschaften der Werkstoffe.
- stellen Prüfverfahren richtig dar.
- wählen passende Prüfverfahren für unterschiedliche Werkstoffeigenschaften aus.
- wenden Prüfverfahren unter Anleitung an.
- analysieren Schäden anhand passender Prüfverfahren.
- beurteilen Messergebnisse kritisch.
- experimentieren selbständig im Labor zu Themen der Werkstoffherstellung und – analyse.
- planen den Einsatz der adäquaten Werkstoffe in der elektrotechnischen Fertigung.

#### Inhalt

Gegenstand der Vorlesung ist der Aufbau von Werkstoffen, beginnend auf atomarer Ebene. Der Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und physikalischen Eigenschaften der Materie wird herausgearbeitet. Die mechanischen, elektrischen, optischen, thermischen und chemischen Eigenschaften der verschiedenen Arten von Werkstoffen sowie gängige Prüfverfahren werden durchgenommen und durch fachpraktische Anteile wie Experimente und Übungen intensiviert. Die Laborexperimente werden zu



Hause ausgearbeitet und in der Übung kritisch diskutiert und nachbereitet. Weitere wichtige Punkte sind die Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung von Werkstoffen als auch die Auswahl von Werkstoffen für verschiedene zeitgemäße spezielle Anwendungen. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf Werkstoffen, die in der Elektrotechnik Anwendung finden, es werden aber auch Zusammenhänge und Parallelen zu anderen Ingenieurwissenschaften aufgezeigt.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ivers-Tiffée, v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik, 10. Auflage, Teubner, 2007</li><li>• G. Fasching, Werkstoffe für die Elektrotechnik: Mikrophysik, Struktur, Eigenschaften, 4. Auflage, Springer, Wien, 2004</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
sP(60)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Semester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Quantencomputing für Ingenieure	2317

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23171	VÜ	Quantencomputing für Ingenieure	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
--------------------------------------

keine

Empfohlene Voraussetzungen
----------------------------

- Kenntnisse in Linearer Algebra entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Mathematik 1-4
- Kenntnisse in Grundlagen der Elektrotechnik entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Grundlagen der Elektrotechnik 1-2,
- Kenntnisse in Quantenmechanik entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Experimentalphysik 1-2.

Qualifikationsziele
---------------------

Diese Vorlesung versteht sich als selbständige Einführung in die Funktionsweise der supraleitenden Qubits und wie die grundlegenden Gatters bei den supraleitenden Qubits aufgebaut werden. Darauf basierend wird die Erstellung von verschränkten Zuständen sowie die Grundalgorithmen des Quantencomputings (Deutsch-Jozsa-Algorithmus, Grover-Algorithmus, Quantenteleportation) vermittelt. Die Theorie wird begleitet mit kleinen Übungen, die mittels Qiskit an den IBM-Quantum-Computer programmiert und zum Laufen gebracht werden. Hauptziel der Veranstaltung ist die Fähigkeit zu erlernen, einfache Quantenalgorithmen an einer der am meisten entwickelten Quantencomputer-Technologien selbst zu programmieren und die resultierenden Ergebnisse zu deuten.

Inhalt
--------

- Bedingungen für physikalische Implementierung eines Quantenbits (Qubits).
- Linearer LC-Resonator und nichtlinearer LC-Resonator mit supraleitender Josephson-Verbindung. Kapazitive Kopplung des nichtlinearen LC-Resonators zur Leitung als supraleitender Qubit: Steuerung und Einlesen eines einzelnen Qubits.
- Fundamentale Operationen mit Qubits, Implementierung von Gattern für einzelne und mehrere Qubits.
- Einführung in Qiskit-Programmierung; Quantenteleportation als einfache Anwendung.

<ul style="list-style-type: none"><li>• Der Deutsch-Jozsa-Algorithmus und der Grover-Algorithmus: Theorie und Implementierung im wahren Quantencomputer.</li></ul>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• N. D. Mermin, „Quantum Computer Science. An Introduction“, Cambridge University Press, 2007</li><li>• M. A. Nielsen, I. L. Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information“, Cambridge University Press, 2010</li><li>• D. D. Stancil, G. T. Byrd, „Principles of Superconducting Quantum Computers“, Wiley, 2022</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Notenschein
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul für den Masterstudiengang EIT in allen Vertiefungsrichtungen.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Lernende Algorithmen	2318

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Robert Schmied	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23181	VÜ	Lernende Algorithmen	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Bachelor EIT oder vergleichbar
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zum Erfassen möglicher Problemstellungen anhand gegebener Daten.</li> <li>• Fähigkeit zur situativen Zuordnung der vorgestellten Verfahren.</li> <li>• Fähigkeit zur Vorbereitung von Daten für eine anschließende Analyse.</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der besprochenen Verfahren.</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation und Kommunikation erzielter Analyseergebnisse.</li> <li>• Fähigkeit zur kritischen Einordnung der Begriffe „Künstliche Intelligenz“ und „Lernen“.</li> </ul>
Inhalt
<p>Im Modul „Lernende Algorithmen“ werden computerbasierte Verfahren besprochen, mit deren Hilfe Erkenntnisse aus Daten gewonnen und nutzbar gemacht werden. Es werden Konzepte des statistischen, maschinellen und mehrschichtigen Lernens betrachtet. Ausgehend vom mathematischen Fundament der Verfahren, das auch auf Elemente der Stochastik und Optimierung zurückgreift, werden praktische Anwendungsbeispiele mit Hilfe einer Programmiersprache wie R oder Python untersucht.</p>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Richter, Statistisches und maschinelles Lernen, Springer Spektrum, ISBN: 978-3-662-59353-0, 2019</li> <li>• G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani, An Introduction to Statistical Learning, Springer, ISBN: 978-1-0716-1417-4, 2021</li> <li>• E. Alpaydin, Maschinelles Lernen, De Gruyter Oldenburg, ISBN: 978-3-11-074014-1, 2022</li> <li>• J. Krohn, G. Beyleveld, A. Bassens, Deep Learning illustriert, dpunkt.verlag, ISBN: 978-3-86490-663-3, 2020</li> </ul>

• Skriptum
Leistungsnachweis
Notenschein
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang EIT oder vergleichbar; verwendbar für alle Vertiefungsrichtungen
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Seminar über Logik</b>	2489

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. Stefan Schäffler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
24891	SE	Seminar über Logik	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Bachelor EIT
Qualifikationsziele
Erwerb logischer Kenntnisse insbesondere unter wissenschaftstheoretischen Gesichtspunkten. Erlernen wesentlicher Vortragstechniken.
Inhalt
Das Seminar besteht aus Referaten, die von Studierenden zu halten sind sowie anschließender Diskussion. Die Referatsthemen stammen aus einem der folgenden Teilgebiete der Logik: Aussagenlogik, Prädikatenlogik, Modallogik, Logik der Forschung (Deduktion, Induktion, Falsifizierbarkeit, Paradigmen usw.), Geschichte der Logik (Aristoteles, Pascal, Frege, Wittgenstein).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Beckermann: Einführung in die Logik, de Gruyter 2010.</li> <li>• J. Flum: Einführung in die mathematische Logik, Spektrum Akademischer Verlag 2007.</li> <li>• K. Popper: Logik der Forschung, Oldenbourg Akademieverlag 2013.</li> <li>• John Dewey: Logik: Die Theorie der Forschung, Suhrkamp Verlag 2002.</li> </ul>
Leistungsnachweis
Benoteter Vortrag; in die Note fließt auch die Teilnahme an der Diskussion aller anderen Vorträge ein.
Verwendbarkeit
Master EIT; alle Vertiefungsrichtungen.

Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Digitaler Schaltungsentwurf</b>	2801 (Univ)

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Matthias Korb	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28011	VÜ	Digitaler Schaltungsentwurf	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
--------------------------------------

keine

Empfohlene Voraussetzungen
----------------------------

keine

Qualifikationsziele
---------------------

Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul können die Studierenden:

- Arithmetische Grundrechenarten in Form einer digitalen Schaltung umsetzen
- Digitale Schaltungen durch die Anwendung von Architekturkonzepten selbstständig in Bezug auf definierte Flächen-, Durchsatz- und Verlustleistungsziele optimieren
- Einfache Schaltungen mittels digitaler Schaltungssynthese oder High-Level-Synthese auf einem FPGA und in Form einer applikationsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) realisieren

Inhalt
--------

Integrierte digitale Schaltungen bilden das Fundament unserer heutigen digitalisierten Welt und werden im Zuge des sogenannten Internet der Dinge unser Leben tiefgreifend verändern. Studierende erlernen durch die Teilnahme an diesem Modul die wesentlichen Grundlagen des Entwurfs dieser integrierten digitalen Schaltungen. In einem ersten Vorlesungsteil wird zunächst die schaltungstechnische Fest- und Fließ-Komma-Umsetzung arithmetischer Grundrechenarten (Addition, Multiplikation, Division) und trigonometrischer Funktionen behandelt. Anschließend werden Optimierungskonzepte auf Architekturebene vorgestellt und am Beispiel der schaltungstechnischen Realisierung der Addition, Multiplikation und der Fast-Fourier Transformation vertieft. Ein abschließender Teil der Vorlesung behandelt die Modellierung digitaler Schaltungen und die darauf aufbauende Schaltungssynthese. Neben der Modellierung in einer Hardware-Beschreibungs-Sprache liegt ein Fokus auf der sogenannten High-Level-Synthese, bei der digitale Schaltungen in einer Hochprogrammiersprache wie z.B. C oder Cpp modelliert werden.



<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 25 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekannt gegeben)
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul MINT
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Grundlagen der Radartechnik	2803

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28031	VÜ	Grundlagen der Radartechnik	Pflicht	2,5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>3</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Wünschenswert sind grundlegende Kenntnisse der Signalverarbeitung, Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen Grundlagen der Radarsystemtechnik und der elektronischen Kampfführung (EloKa). Sie verstehen wichtige elektronische Baugruppen, wie Antennen, Verstärker, Heterodyne-Schaltungen, Pulsgenerator, sowie die zugehörige Signalverarbeitung. Sie lernen ferner die Grundlagen der elektronischen Aufklärung, Gegen- und Unterstützungsmaßnahmen kennen. Die Studierenden erhalten dabei vertiefte Kenntnisse im Bereich der Detektionstheorie, optimaler Empfangsfilter, Gruppensignalverarbeitung und Keulenformung, Tracking und Zielidentifikation. Sie werden mit fortschrittlichen Radarverfahren, wie SAR, MIMO und kognitivem Radar vertraut gemacht. Die werden in die Anwendungsbeispiele multifunktionales AESA-Radar, Radarwarnempfänger, Funkerfassung, Stör- Täusch und Tarnmaßnahmen sowie störfestes und LPI-Radar eingeführt.

#### Inhalt

Die Studierenden erwerben Kenntnisse über Grundzüge und Anwendungen in der Radartechnik sowie der elektronischen Kampfführung. Die Vorlesung gliedert sich in die folgenden Abschnitte:

- Zunächst lernen die Studierenden den prinzipiellen Aufbau eines Radarsystems anhand der grundlegenden Baugruppen kennen. Diese umfassen Antennen, Schaltungen zur Signalerzeugung, Leistungsverstärkung, Überlagerungsempfänger, Kohärentoszillator und I/Q Modulation. Sie werden in die Lage versetzt, wichtige Leistungsparameter von Radarsystemen anhand der Radargleichung abzuschätzen.
- Die Studierenden erlernen Verfahren zur Signalverarbeitung in Radar- und Funkerfassungsanwendungen, insbesondere zur Range-Doppler-Prozessierung,

Optimalfilter und Detektionstheorie, Richtungsschätzung in Gruppenantennen, Spurverfolgung, Klassifizierung und Signaltrennung.

- Die Studierenden lernen Anwendungsbeispiele aus aktuellen zivilen und militärischen Radarsystemen kennen. Dies umfasst Automotive und FMCW-Radare, inkohärente Schiffs- und Navigationsradare, sowie kohärente luft- und bodengestützte aktive Radare mit elektronischer Strahlschwenkung (AESA). Die Studierenden werden des Weiteren mit relevanten Anwendungen zur elektronischen Aufklärung, elektronische Unterstützungmaßnahmen sowie Gegen- und Schutzmaßnahmen vertraut gemacht.

**Leistungsnachweis**

Mündliche Prüfung 25 Min.

**Verwendbarkeit**

Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW</b>	2995

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36831	OS	Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in MATLAB.

Qualifikationsziele

- Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen.
- Die Studierenden haben verbesserte Fertigkeiten bei der problemorientierten Anwendung und dem praktischen Umgang mit MATLAB/LabVIEW sowie vertiefte Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet.
- Die Studierenden können ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellungen analysieren und durch Einsatz von MATLAB/LabVIEW zielgerichtet lösen.

Inhalt

Das Softwarepaket MATLAB wird weltweit standardmäßig sowohl im akademischen Umfeld als auch in der Industrie eingesetzt und zählt zum Handwerkszeug jedes Ingenieurs. Ähnliches gilt für das Softwarepaket LabVIEW insbesondere für die Messdatenerfassung. Im Oberseminar arbeiten die Teilnehmer als Einzelperson oder in Kleingruppen an der praxisnahen Anwendung von MATLAB oder LabVIEW in verschiedenen vorgegebenen oder von den Studierenden selbst vorgeschlagenen Aufgabenstellungen in unterschiedlichsten Bereichen (Automobil- und Luftfahrttechnik, Automatisierungs-, Umwelt- und Sicherheitstechnik, Medizintechnik, Künstliche Intelligenz, erneuerbare Energien, etc.).

Die Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars vorgetragen und zur Diskussion gestellt.
<b>Literatur</b>
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
<b>Leistungsnachweis</b>
Die Benotung erfolgt anhand der erarbeiteten Lösungen und der studentischen Präsentation. Die Mitarbeit und Involvierung bei den Fachdiskussionen im Rahmen des Oberseminars fließen ebenfalls in die Benotung ein.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul in den Studiengängen EIT, ME und INF.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Mobilkommunikation und Radartechnik</b>	2996

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
28031	VÜ	Grundlagen der Radartechnik	Pflicht	2,5
60641	VÜ	Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation	Pflicht	2,5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications“, „Funktechnik und mobile Kommunikation“, „Elektromagnetische Felder“ und „Elektrische Leitungen und Wellen“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden verstehen den Aufbau von Mobilfunksystemen, von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen. Die Studierenden haben vertiefenden Kenntnisse über die physikalische Übertragungsebene, Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung und Übertragungsleitungen sowie Mehrantennensysteme und können diese analysieren. Die Studierenden haben einen Überblick über wichtige digitale Rundfunkdienste und derzeitige und im Aufbau befindliche Mobilfunkstandards und verstehen deren Aufbau und Funktionsweise.
Inhalt
Lehrveranstaltung 1: Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation  Diese Vorlesung beschreibt die physikalischen Grundlagen und Rahmenbedingungen der Mobilkommunikation und diskutiert aktuelle Systeme der Mobilkommunikation, welche unter den gegebenen Rahmenbedingungen zuverlässig funktionieren müssen. Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Frequenzbereiche, in welchen Rundfunkdienste und Mobilfunkdienste arbeiten und über die Komponenten dieser Funkübertragungssysteme und lernen, reale Systeme dahingehend zu

<p>klassifizieren. Ein detaillierter Überblick über physikalische Phänomene der drahtlosen Übertragung auf dem Mobilfunkkanal wird ergänzt durch die Betrachtung des Mehrwegekanals sowie verschiedener Diversitystrategien zur Verbesserung der Empfangsqualität. Dies ermöglicht den Studierenden die Analyse realer Systeme und vermittelt ihnen Strategien, die Zuverlässigkeit mobiler Empfangssysteme zu verbessern. Die Studierenden erhalten einen Überblick über verfügbare Zugriffs- und Modulationsverfahren sowie Signalkodierungsarten. Eine vertiefende Darstellung digitaler terrestrischer Rundfunksysteme (bspw. DAB(+), DRM, DVB-T(2), ...) speziell im Hinblick auf die zuvor kennengelernten physikalischen Phänomene gibt einen Einblick in die verwendeten Basisbandkodierungen und Mehrträgerverfahren (COFDM). Eine ausführliche Beschreibung zellulärer Mobilfunkdienste (Systemarchitektur, Aufbau und Rahmenstruktur der verwendeten Signale, Synchronisation und Verbindungsaufbau, Handover, Zeitmultiplexstruktur) vermittelt ein Verständnis komplexer Kommunikationssysteme an den Beispielen GSM, UMTS, LTE(-A), 5G, DECT, TETRA, ...</p> <p>Lehrveranstaltung 2: Praktikum Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation</p> <p>Dieses Praktikum baut auf den Inhalten der Vorlesung auf und bietet einen Einblick in die Funktion moderner mobiler Funksysteme. Anhand von ausgewählten Versuchen werden Szenarien gestörter Funkübertragung mit Simulationen und Messungen analysiert. Die Studierenden erhalten so die Möglichkeit, selbständig Ausbreitungsszenarien von Mobilkommunikationsanwendungen in Simulationen zu untersuchen und deren Ergebnisse zu analysieren.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986</li> <li>• J. Schiller: "Mobilkommunikation", Pearson Studium, 2003</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik: Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 min Dauer (mP-25) am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.</p> <p>Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins (TS) notwendig.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Statistik für Ingenieure	3442

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Robert Schmied	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	90	60	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
34421	VÜ	Statistik für Ingenieure Vorlesung	Wahlpflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse aus den Bachelorvorlesungen zur Mathematik
Qualifikationsziele
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Modellierung zufallsabhängiger Vorgänge,</li> <li>• Fähigkeit zur Bestimmung und Interpretation von uni- und multivariaten Kenngrößen,</li> <li>• Fähigkeit zur Unterscheidung und Anwendung verschiedener Schätzverfahren,</li> <li>• Fähigkeit zur Formulierung und Prüfung statistischer Hypothesen,</li> <li>• Fähigkeit zur Modellierung zeitlich sich entwickelnder zufälliger Vorgänge,</li> <li>• Fähigkeit zum Umgang mit anerkannter Software im Bereich der Datenanalyse</li> </ul>
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie: Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Standardverteilungen,</li> <li>• Induktive Statistik: Punkt- und Konfidenzschätzung von Parametern, Prüfung statistischer Hypothesen,</li> <li>• Deskriptive Statistik: Kenngrößen und grafische Repräsentation uni- und bivariater Merkmale,</li> <li>• Markowsche Ketten</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cramer, Kamps: Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, Springer Verlag</li> <li>• Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Vieweg Verlag,</li> <li>• Toutenburg, Induktive Statistik, Springer Verlag,</li> <li>• Toutenburg, Deskriptive Statistik, Springer Verlag</li> </ul>



<b>Leistungsnachweis</b>
Der Leistungsnachweis erfolgt entweder über eine schriftliche Prüfung (sP-90) oder eine mündliche Prüfung (mP-30). Die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Vertiefungsrichtungen</li><li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für alle Vertiefungsrichtungen</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>MATLAB essentials</b>	3684

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36841	SE	MATLAB essentials	Pflicht	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams

Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen und beherrschen die wesentlichen Schlüsseltechniken der matrixorientierten Programmierung. Sie sind vertraut mit speziellen und weiterführenden Konzepten zur strukturierten und modularen Programmierung in MATLAB und können auch komplexere interaktive Benutzerschnittstellen realisieren. Neben der generellen Fähigkeit zur algorithmischen Umsetzung ingenieurstypischer Problemstellungen besitzen die Studierenden Sicherheit im selbständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.

Inhalt

MATLAB® ist ein interaktives, matrixorientiertes Programmpaket zur Berechnung, Visualisierung und Programmierung wissenschaftlich-technischer Fragestellungen. Die Vorlesung MATLAB essentials bietet einen umfassenden Einblick in dieses vielseitige, in den Ingenieurwissenschaften weitverbreitete Werkzeug. Die Vorlesung wird als Blended-Learning Kurs angeboten und verknüpft eine Selbstlernkomponente mit Vorlesungsanteilen im Seminarstil. Anhand eines ausführlichen Skripts und ausgewählter Übungsaufgaben bereiten die Studierenden die einzelnen Lehreinheiten in weitgehend freier Zeiteinteilung zunächst selbständig in kleinen Teams am eigenen Rechner vor. Ein internet-basiertes Lernportal stellt dabei den Kontakt zum Dozenten und zu den anderen Kursteilnehmern sicher. In den begleitenden Seminarveranstaltungen werden die erarbeiteten Lösungen dann präsentiert, Problemstellen und alternative Lösungsansätze diskutiert und die Inhalte weiter vertieft. Nach einer grundlegenden Einführung in die matrixorientierte Programmierung werden verschiedene Möglichkeiten zur Visualisierung und graphischen Darstellung vorgestellt. Die Studierenden lernen

die von MATLAB unterstützten Datentypen und –strukturen kennen und realisieren einfache Benutzerschnittstellen und –dialoge. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung werden die erlernten Techniken dann weiter vertieft und verfeinert. Die Studierenden beschäftigen sich ausführlich mit der modularen und rekursiven Programmierung unter Nutzung eingebetteter und verschachtelter Funktionen. Sie erlernen die flexible Parameterübergabe über Parameter-Value Kombinationen, werden mit den vielfältigen Möglichkeiten zum Datenimport und –export vertraut gemacht und erstellen komplexe interaktive Benutzeroberflächen mittels Callbacks.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials</li><li>• Schweizer W: MATLAB kompakt. 7. Auflage. De Gruyter Oldenbourg, 2022</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90).
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li><li>• Vorbereitung auf Masterarbeiten, die MATLAB Kenntnisse voraussetzen</li></ul> <p>Hinweis: Das Modul ist nur dann verwendbar, wenn die Lehrveranstaltung MATLAB essentials nicht bereits im Rahmen eines anderen Moduls eingebracht wurde!</p>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich</b>	3685EIT

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Wolf	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36851	VL	Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV	Pflicht	1
36852	SP	Studienprojekt Microcontroller	Pflicht	2
36853	SP	Studienprojekt Signalprozessor	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse der Digitaltechnik und der Programmierung (BSc-Pflichtfächer), die Teilnahme an der Vorlesung „Architektur und Programmierung von Mikrocontrollern im BSc-Studiengang oder vergleichbares Vorwissen sowie Bereitschaft zur eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams.
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen in Ergänzung ihrer Basiskenntnisse aus der Digitaltechnik und der Informationsverarbeitung das grundlegende methodische Wissen im Bereich Prozessdatenverarbeitung (PDV), was sie befähigt, Konzepte für Lösungen von PDV-Aufgabenstellungen zu erstellen. Die Vertiefung ihrer Basiskenntnisse durch den Erwerb von vertieften Kenntnissen zur Anwendung von Mikrocontrollern in der Automatisierungstechnik, eine Kernanwendung in der PDV, sowie von erweitertem methodischen Wissen zum Bereich Signalprozessoren und deren Programmierung erlaubt den Studierenden das sichere Beherrschen der jeweiligen Programmierumgebungen und der Programmierung in der jeweiligen Maschinensprache bei der Realisierung von Lösungskonzepten. Die Studierenden erwerben praktische Erfahrung im Umgang mit diesen beiden Rechnerarchitekturen durch das training on Job in zwei Studienprojekten, in denen sie im Team jeweils eine komplexe Anwendung bearbeiten müssen. Bei der kooperativen Arbeit in der Gruppe erlernen sie das persönliche und inhaltliche Navigieren in einem Entwicklungsteam.
Inhalt
Lehrveranstaltung „Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV“ WP 1 TWS

Den Studierenden wird zunächst grundlegend aufgezeigt, dass im Bereich der Rechneranwendungen die Prozessdatenverarbeitung (PDV) bei der Rationalisierung in der Produktion und der Automatisierung von Fertigungsprozessen eine bedeutende Stellung einnimmt, wobei technologisch vorwiegend Mikrocontroller (MCU) zur Ablaufsteuerung von Maschinentzyklen und Prozessen zum Einsatz kommen, während Signalprozessoren meist die hochkomplexe Überwachung von Kontrollsignalen übernehmen. Die grundsätzlichen Rechnerarchitektur-Konzepte dieser verschiedenen Prozessor-Typen werden im nachfolgenden Vorlesungsteil behandelt. Das schließt die Einführung in die maschinennahe Programmierung durch Verwendung von Assembler-Sprachen mit ein. Letzteres wird in den beiden nachfolgenden Studienprojekten vertieft.

#### Lehrveranstaltung „Studienprojekt Mikrocontroller“ WP 2 TWS

Anhand von exemplarischen Beispielen (z.B. Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors, Steuerung von Ablaufsequenzen bei Werkzeugmaschinen, Messung von konditionierten Reaktionszeiten) erlernen und vertiefen die Studierenden das maschinennahe Programmieren von Mikrocontrollern. Dabei wird ihnen der Umgang mit der Entwicklungsumgebung (Assembler, PC-Kopplung, Debugging) geläufig. Eine wesentliche Inhaltskomponente stellt hier auch die Lösungsskizzierung durch Kommentarzeilen im Programm-Code und die Dokumentation in dem anzufertigenden Projektbericht dar. Zur Durchführung des Studienprojekts steht den Studierenden eine Entwicklungsumgebung für den  $\mu\text{C}$  HC 6812 sowie Produktionsstraßenmodelle zur Verfügung.

#### Lehrveranstaltung „Studienprojekt Signalprozessor“ WP 2 TWS

In diesem Teilmodul vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse zu Rechenkernen, die auf der Harvard-Architektur basieren. Da diese wesentlich komplexer als die von-Neumann-Architektur von Mikrocontrollern ist, aber dafür bei Signal-Monitoring-Aufgaben auch wesentlich leistungsfähiger, ist hier aus Zeitaufwandsgründen nur das Lösen einfacher Probleme in einem Studienprojekt möglich (z.B. Detektion von Signalereignissen, Auswertung von Zeitverläufen, Bestimmung von Schwingungsfrequenzen). Die Ergebnisse sind dann in dem für beide Studienprojekte gemeinsamen Projektbericht zu dokumentieren.

#### Literatur

- Andrew S. Tanenbaum, Rechnerarchitektur: Von der digitalen Logik zum Parallelrechner, Pearson Studium; Auflage: 6., aktualisierte (1. März 2014)
- Kupris G., Thamm O., Mikrocontroller- Design. Hard- und Softwareentwicklung mit dem 68HC12/HCS12. Hanser, 2003
- Reißweber B, Prozessdatenverarbeitung, Oldenbourg, 1995, Signatur: /I-LB785

#### Leistungsnachweis

- Der Leistungsnachweis für das Modul erfordert zunächst die Anfertigung einer schriftlichen Projektdokumentation und deren Präsentation in Form eines Seminarvortrags von 15 Minuten Dauer (bewertet für das Team). Eine ausreichende Qualität von Dokumentation und Präsentation ist Zulassungsvoraussetzung für die Teilnahme an der schriftlichen Prüfung von 30 Min. Dauer, in der die Note für den Leistungsnachweis ermittelt wird..

<ul style="list-style-type: none"><li>• Der Leistungsnachweis wird in einem benoteten Teilnahmechein bestätigt.</li></ul>
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul aus dem allgemeinen Wahlpflichtmodulkatalog
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester (vorzugsweise FT), Startzeitpunkt ab 2. M.Sc. Trimester

Modulname	Modulnummer
<b>Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen</b>	3698

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12501	VÜ	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt werden. (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen die Grundlagen der Zuverlässigkeit von elektronischen Bauelementen und Schaltungen. Sie bewerten die Zuverlässigkeit sicherheitsrelevanter Anwendungen und haben ein Verständnis der Qualitätsanforderungen in der Massenfertigung.
Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wahrscheinlichkeitstheorie (Verteilungen, Zufallsgesetze), Definitionen (Zuverlässigkeit, Ausfallraten, usw.), Vorschriften für Zuverlässigkeit und Qualifikation von Integrierten Schaltungen sind als Grundlagen den Studierenden bekannt.</li> <li>Einen Überblick über die Zuverlässigkeit von Schaltungen (digital und analog) wird mittels Auswirkungen von Prozeßschwankungen, Alterung und Störungen im Betrieb gegeben.</li> <li>Auf der Basis von Simulation der Zuverlässigkeit entwerfen die Studierenden robuste Schaltungen.</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Handbook for Robustness Validation of Semiconductor Devices in Automotive Applications Published by: ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association) Electronic Components and Systems Division, <a href="http://www.zvei.org">www.zvei.org</a></li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• B. Bertsche et al.: "Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009 (<a href="http://www.springerlink.com/content/n1jh01/">http://www.springerlink.com/content/n1jh01/</a>)</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche (25min) oder schriftliche Modulprüfung (75min) am Ende des WTs. Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des FTs. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT



Modulname	Modulnummer
<b>Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt</b>	3825

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Wolf	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	30	120	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38251	VL	Grundlagen zu den Prozessrechner-Einheiten „Mikrocontroller“ und „Speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS)	Pflicht	1
38252	SP	Studienprojekt Mikrocontroller	Pflicht	
38253	SP	Studienprojekt SPS	Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse der Digitalen Schaltungstechnik und der Programmierung</li> <li>• Basiswissen in den Bereichen Mikrocontroller-Programmierung und SPS</li> <li>• Gute Programmierkenntnisse in einer Programmiersprache (z.B. C, Java)</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden erwerben grundlegendes methodisches Wissen zum Bereich der Prozessdatenverarbeitung (PDV) und sind damit in der Lage, ihr Grundlagenwissen aus der Digitaltechnik sowie Regelungstechnik mit den spezifischen Problemstellungen der Prozessdatenverarbeitung zu verknüpfen; damit werden sie zur Entwicklung von Lösungsansätzen zur Automatisierung von Steuer- und Regelungsaufgaben unter Verwendung von Mikrocontrollern und Speicherprogrammierbaren Steuerungen befähigt. Zur Anwendung von Mikrocontrollern besitzen sie dann qualifizierte Kenntnisse der Assembler-Programmierung; im Bereich Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) sind sie vertraut mit der in der Automatisierung am weitesten verbreiteten Technik. Die beiden als Studienprojekte gestalteten Lehrveranstaltungsteile erlauben den Studierenden ein Training on Job, in dem sie Erfahrungen im Umgang mit in der praktischen Anwendung auftretenden Problemen erwerben. Dabei werden auch ihre Fähigkeiten in den nichtfachspezifischen Elementen „Teamfähigkeit“ und „selbstmotiviertes Arbeiten“ weiter gestärkt.</p>

Inhalt
<p>a) Grundlagen zu den Prozessrechner-Einheiten „Mikrocontroller“ und „Speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS)</p> <p>Der Bereich der Rechneranwendungen in der Prozessdatenverarbeitung (PDV) wird aufgezeigt, da er bei der Rationalisierung und Automatisierung eine bedeutende Stellung einnimmt. Dabei stehen technologisch vorwiegend Microcontroller (MCU) und SPS-Lösungen im Anwendungsbereich im Vordergrund, die beide auf dem gleichen Grundkonzept eines Prozessrechnerkerns (MCU) basieren. So wird zur Einführung auf den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise einer MCU am Beispiel des Mikrocontrollers MC912DG128A eingegangen. Abschließend werden die Studierenden in die beiden Programmiersprachen Assembler und STEP7 eingewiesen.</p>
<p>b) Studienprojekt Mikrocontroller</p> <p>Zur Vertiefung der Grundkenntnisse aus der vorangehenden Vorlesung bearbeiten die Studierenden dann in einem Studienprojekt ein exemplarisches Beispiel (z.B. Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors, Werkzeugmaschinensteuerung, Ablaufsteuerung einer Reaktionszeitmessung). Die Programmierung erfolgt in Assembler, da dies den direkten Einblick in die MCU erlaubt. Dabei ist auch der Programmtest mit Hilfe des Debugging eingeschlossen. Für diesen Teil der Lehrveranstaltung steht ein Entwicklungssystem in einem Praktikumsraum zur Verfügung, an dem die Studierenden diese Lehrinhalte selbständig und in freier Zeiteinteilung erarbeiten.</p>
<p>c) Studienprojekt SPS</p> <p>Vergleichend mit der Technik der Mikrocontroller werden die Studierenden mit der Technik der Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) befasst, wobei als Basis die SIMATIC als ein in der Automatisierungstechnik für Steuerungs- und Regelungsaufgaben vielseitig eingesetztes Produkt mit der Programmiersprache STEP7 verwendet wird. Die besondere Modultechnik mit spezialisierten Eingabe- und Ausgabe-Schnittstellen, über die die SPS mit Sensoren und Aktuatoren verbunden ist, benutzen die Studierenden dann, um einen als Modell aufgebauten Fertigungsprozess zu steuern und zu überwachen. Sie erkennen dabei den wesentlichen Vorteil der SPS, dass sie programmierbar ist und damit jederzeit flexibel Produkt-, Ablauf- oder Fertigungsveränderungen angepasst werden kann.</p>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kupris G., Thamm O., Mikrocontroller- Design. Hard- und Softwareentwicklung mit dem 68HC12/HCS12. Hanser, 2003</li><li>• Ungerer T., Brinkschulte U., Mikrocontroller und Mikroprozessoren. Springer, 2007</li><li>• <a href="http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC912DT128A.pdf">http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC912DT128A.pdf</a></li><li>• Jacobson E., Einführung in die Prozessdatenverarbeitung, Hanser, 1996</li><li>• Reißweber B, Prozessdatenverarbeitung, Oldenbourg, 1995, Signatur: /I-LB785</li><li>• G. Wellenreuther, D. Zastrow, Automatisieren mit SPS - Theorie und Praxis. Vieweg-Verlag, 2008.</li></ul>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25) am Ende des Herbsttrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
Wahlpflichtmodul
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Mobilfunksysteme und Mustererkennung</b>	3829

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38291	VL	Mobile digitale Funksysteme und –netze	Pflicht	2
38292	VL	Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>4</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme</li> <li>• Modul 1083: Kommunikationstechnik</li> <li>• Modul 1244: Kommunikationstechnik II</li> <li>• Modul 6050: Signalverarbeitung</li> </ul>
Qualifikationsziele
<p>Lehrveranstaltung Mobile digitale Funksysteme und -netze:</p> <p>Die Studierenden erlangen ein fundiertes Verständnis des Mobilfunkkanals und seiner stochastischen Beschreibung. Sie können mit diesem Verständnis der Kanaleigenschaften die im Mobilfunk verwendeten Modulations-, Codierungs, Entzerrungs- und Diversityverfahren einordnen und bewerten.</p> <p>Lehrveranstaltung: Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung</p> <p>Die Studierenden erlangen ein grundlegendes Verständnis der Prinzipien der Mustererkennung. Sie verstehen die periphere Verarbeitung von Schall und Licht beim Menschen. Sie gewinnen ein Verständnis über statische Klassifikation und entsprechende Klassifikatoren, über die digitale Filterung von Sprach- und Bildsignalen sowie die Sprach- und Bildererkennung.</p>
Inhalt
Lehrveranstaltung Mobile digitale Funksysteme und -netze:

Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Funkausbreitung und des zeitvarianten Mobilfunkkanalmodells mit entsprechenden Begriffen aus der Fadingstatistik (Rayleigh, Rice, Lognormal, WSSUS-Modell, Delay Spread, Kohärenzbandbreite, Doppler Spread, Kohärenzzeit). Die Studierenden lernen Grundlagen der digitalen Übertragungstechnik, digitale Modulationsverfahren im Mobilfunk (PAM, QAM, OQAM, PSK, QPSK, OQPSK, FSK, CPFSK, MSK, CPM, GMSK) und deren Eigenschaften im Spektralbereich. Sie lernen Bitfehlerratencharakteristiken in Fadingkanälen zu bestimmen und die Entzerrung von frequenzselektiven Kanälen. Sie erlernen Prinzipien der Codierung (Blockcodierung, Faltungscodierung) und Decodierung (Viterbidecoder) und die Erweiterung auf den Viterbientzerrer. Sie lernen Diversityverfahren und Zugriffsverfahren kennen, sowie erste Prinzipien von Systemplanungsaspekten (Zellenkonzept, Interferenzen, Zellsplitting, Aspekte der Verkehrstheorie). Die vermittelten Grundlagen werden am Beispiel des Mobilfunksystems GSM und modernerer Verfahren (UMTS, LTE) aufgezeigt.

Lehrveranstaltung Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung:

Die Studierenden erlernen die Prinzipien der Mustererkennung, der Signalaufnahme, der Merkmalsextraktion und Klassifikation/Erkennung. Sie lernen die periphere menschliche Verarbeitung des Schalls und des Lichts und Funktion/Empfindung des Ohrs sowie die Funktion/Empfindung des Auges kennen. Sie erhalten Kenntnisse über die Einhaltung der Abtasttheoreme, die maschinelle Merkmalsgewinnung aus Schall- und Lichtsignalen über die Funktionsweisen von Kamera, Mikrofon und Lautsprecher. Sie erlernen die maschinelle digitale Verarbeitung, die- digitale Filterung von Sprach- und Bildsignalen, die digitale Abtastung und Verarbeitung anzuwenden. Die Studierenden lernen die Bestimmung des Leistungsspektrums von Sprache und die Richtungsfilterung von Bildsignalen. Sie erlernen die Normalisierung und statistische Klassifikation (Pattern Recognition), die Bayes'schen Entscheidungsregeln, Gaußverteilte Merkmale und Klassifikatoren kennen. Sie erlernen die Sprach- und Bilderkennung.

#### Literatur

Lehrveranstaltung Mobile digitale Funkssysteme und -netze:

- "Mobile Communication Engineering", McGraw Hill 1997
- "Nachrichtenübertragung", Teubner-Vieweg, 2008

Lehrveranstaltung Mustererkennung:

- -

#### Leistungsnachweis

Mobile digitale Funkssysteme und -netze sp45, Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung sp45 oder mp20, in Summe ein Notenschein.

#### Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul für alle Vertiefungsrichtungen des M.Sc.-Studiengangs EIT

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Signalverarbeitung	6050

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60501	VÜ	Signalverarbeitung	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie, der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse und der höheren Mathematik.

Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie wenden diese Signaleigenschaften eigenständig auf praktische Probleme an. Hierzu verfügen sie über einen sicheren Umgang mit Schlüsseltechniken der digitalen Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich. Die Studierenden differenzieren ferner die Prinzipien der statistischen Signalklassifikation.

Inhalt

Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung spezifisch mit digitalen Signalen deterministischer und stochastischer Natur (Zufallssignalen) vertraut gemacht. Sie setzen sich im ersten Schritt mit der Darstellung von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen im Zeit- und Frequenzbereich als Fourier-Reihe, Fourier-Transformation, Laplace-Transformation, Z-Transformation und zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) auseinander. Dazu verdeutlichen sich die Studierenden erneut das Verfahren der Signalabtastung und dessen Effekte. Als wichtigstes Ergebnis dieses Abschnitts zu den Signaltransformationen erlernen die Studierenden das Werkzeug der diskreten Fourier-Transformation (DFT) und grenzen dieses zu anderen Verfahren ab. Dabei machen sie sich mit allen Effekten der DFT vertraut, insbesondere der Zusammenhänge von Zeit- und Frequenzauflösung, Aliasing und Leakage-Effekt. Spezifische Größen für Zufallssignale und Zufallsvariablen sowie allgemeine stochastische Prozesse, insbesondere die Autokorrelation, Kreuzkorrelation und das Leistungsdichtespektrum, vervollständigen das Bild basierend auf den Wiener'schen Theorien. Darauf aufbauend wird die Spektralschätzung und Spektralanalyse eingeführt. So erwerben die

<p>Studierenden fundierte Kenntnis über die Spektralanalyse und Spektralschätzung von deterministischen Signalen und Zufallssignalen, wobei traditionelle, nicht-parametrische sowie parametrische Spektralschätzverfahren vermittelt werden. Zur Abrundung erlernen die Studierenden die Grundlagen der Parameterschätzung mithilfe von Statistiken höherer Ordnung (Higher-Order Statistics, HOS) und bestimmen die Schätzgüte anhand der wesentlichen Parameter Erwartungstreue und Schätzvarianz. Mithilfe der Cramer-Rao-Bound erlernen sie ferner, die Schätzgüte absolut sowie im Vergleich mit anderen Schätzverfahren zu beurteilen.</p>
<p><b>Literatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022</li> <li>• Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013</li> </ul>
<p><b>Leistungsnachweis</b></p> <p>Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.</p>
<p><b>Verwendbarkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC</li> <li>• Pflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK</li> <li>• Wahlpflichtmodul CYB (M.Sc.), Vertiefungsfeld Security Intelligence</li> <li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.) mit Anwendungsfach Elektrotechnik</li> <li>• Wahlpflichtmodul MINT</li> </ul>
<p><b>Dauer und Häufigkeit</b></p> <p>1 Trimester, in jedem WT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen</b>	6051

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Stefan Lindenmeier	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12451	VÜ	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Pflicht	3
60511	P	Praktikum: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden Kenntnisse in Hochfrequenztechnik und Theoretischer Elektrotechnik, wie sie z.B. in den Modulen „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications“, „Funktechnik und mobile Kommunikation“, „Elektromagnetische Felder“ und „Elektrische Leitungen und Wellen“ aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein detailliertes Verständnis des Aufbaus von mobilen Funksystemen, Systemen der Funkortung und der Radartechnik. Sie sind in der Lage, Übertragungssysteme aufgrund von Gleichungen hinsichtlich ihrer Gesamtsystemparameter zu analysieren und bewerten. Die Studierenden kennen den Aufbau von Sende-Empfängern, Frontend-Architekturen und deren Hochfrequenzschaltungen und sind in der Lage, diese zu analysieren. Die Studierenden haben vertiefende Kenntnisse der physikalischen Übertragungsebene, der Funkübertragung mit Mehrwege-Ausbreitung, von Übertragungsleitungen sowie Mehrantennensystemen. Die Studierenden haben vertiefende Kenntnisse von Antennen und Mehrantennensystemen und können diese selbständig analysieren und vergleichen.
Inhalt
Lehrveranstaltung 1: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik:  In diesem Modul erhalten die Studierenden eine vertiefende Einführung in moderne Übertragungssysteme: Mobile und fest installierte Funknetze für die



<p>Anwendungen Mobilkommunikation, Funkortung und Radar sowie kabelgebundene Übertragungssysteme. Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Verständnis wichtiger Komponenten wie z. B. Verstärker, Mischer, Oszillatoren. Die Studierenden werden mit Mehrwege-Wellenausbreitung im Reflexionsszenario bekannt gemacht. Die Studierenden erhalten eine vertiefende Einführung in Antennen für Funkverkehr, Funkortung und Radar, adaptive Antennengruppen und Frontendarchitekturen für Richtfunksysteme mit adaptiver Strahlformung sowie intelligente Antennensysteme und lernen, wichtige Eigenschaften dieser zu berechnen. Ein Verständnis der Grundlagen von Antennendiversity-Verfahren zur Empfangsverbesserung bei Mehrwege-Wellenausbreitung sowie von Antennen und Frontendaufbau von Single Input Multiple Output (SIMO) und Multiple Input Multiple Output (MIMO)-Übertragungsstrecken wird vermittelt. Ein Überblick über Frontend-Architekturen sowie Sender und Empfänger-Architekturen ermöglicht den Studierenden die Beurteilung realer Übertragungssysteme.</p> <p>Lehrveranstaltung 2: Praktikum Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik</p> <p>Dieses Praktikum bietet einen Einblick in Aufbau und Funktion moderner Funkübertragungstechnik. Anhand von ausgewählten Versuchen werden exemplarisch typische Baugruppen der Funktechnik mit Hilfe moderner Mess- und Simulationstechnik analysiert und optimiert, wie z. B. Verstärker, Bandfilter, Antennen, ... Hierdurch erhalten die Studierenden die Fähigkeit, in den Vorlesungen erworbenes Wissen selbständig anzuwenden und die Ergebnisse zu analysieren.</p>
<b>Literatur</b>
Meinke, Gundlach: "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Springer Verlag, Berlin, 1986,
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik: Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 min Dauer (mP-25) am Ende des Trimesters. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Trimesters angegeben.</p> <p>Praktikum: Teilnahmechein. Die regelmäßige Teilnahme an dem Praktikum mit Vor- und Nachbereitung ist für den Erhalt des Teilnahmecheins (TS) notwendig.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme</b>	6052

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12471	VÜ	Grundlagen der Halbleitertechnologie	Pflicht	3
12472	VÜ	Mikrosystemtechnik	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik und Mathematik aus dem Bachelor-Studiengang
Qualifikationsziele
Die Studierenden erhalten einen Überblick zu den technologischen Verfahren zur Herstellung hochintegrierter Halbleiterchips und Sensorik-Chips der Mikrosystemtechnik. In Übungen lernen die Studierenden Berechnungen zu Prozeßparametern und Prozeßführungen sowie das Parameterdesign von Halbleitersensoren aufgrund physikalischer, chemischer oder biologischer Grundlagen. Im Vergleich mit Datenblättern kann die Leistungsfähigkeit von Mikrochips beurteilt werden.
Inhalt
Mikro-Chips (Integrierte Schaltkreise, ICs) bestimmen heute die Leistungsfähigkeit nahezu aller elektronischen Geräte. Hierbei können die Mikro-Chips entsprechend der geplanten Aufgaben spezielle Funktionen realisieren, wobei in der Kommunikations- und Informationstechnologie vorrangig ICs mit hohen Rechenleistungen oder Speicherkapazitäten notwendig sind. Zur kontinuierlichen Steigerung der Leistungsfähigkeit und auch aus ökonomischen Gründen werden dabei durch ständige Technologieverbesserungen die geometrischen Abmessungen der einzelnen Halbleiterbauteile kontinuierlich verkleinert, diese Entwicklung wird durch das sogenannte „Moore'sche Gesetz" beschrieben. Die hierzu notwendigen, hochkomplexen, hochreproduzierbaren Technologien mit Nanometer-Präzision können in der Regel nur von wenigen großen Halbleiterfirmen bereit gestellt werden. Kleinere Unternehmen und Forschungsinstitute beliefern den Markt hingegen mit neuen, flexiblen Technologien und „maßgeschneiderten" Mikrochips, welche unterschiedlichste und komplexe Aufgaben erfüllen können (das sogenannte „More than Moore"). Die hierzu notwendigen

technologischen Verfahren basieren zwar auf den Entwicklungen der Großindustrie, stellen jedoch in vielen Details innovative Weiterentwicklungen zur Realisierung funktioneller Komponenten dar, wobei die notwendigen lateralen Abmessungen deutlich entspannter im Mikrometer- oder sogar im Millimeterbereich liegen können. Solche Mikrosysteme bilden auf einem Chip aus verschiedenen Einzelkomponenten ein System, das über Sensorik Informationen aus der Umwelt gewinnt, diese mittels Elektronik verarbeitet, Signale und Daten kommuniziert und aktive Rückmeldung an die Umgebung leisten kann. Die hierzu notwendigen technologischen Prozesse stellen höchste Ansprüche an die Entwicklerteams, die sich auf den Gebieten Mikrosystem- und Nanotechnik, Optik, Fluidik, Biologie, Medizin, Elektronik und kabelloser Kommunikationstechnik bewegen müssen.

Im Teil 1 des Moduls (Technologie der Halbleiter) werden die jeweils aktuellen Herstellungsverfahren, deren mögliche technologische Weiterentwicklungen sowie deren prognostizierte Grenzen, behandelt. Der Schwerpunkt liegt auf der Diskussion der physikalisch-chemischen Grundlagen der Materialien und Prozesse zur Realisierung hochintegrierter Mikro-Chips.

Im Teil 2 des Moduls (Mikrosystemtechnik) werden in Erweiterung von Teil 1 die Technologien zur Herstellung von Mikrosystemen behandelt. Schwerpunkt sind die Grundlagen unterschiedlicher Halbleitersensoren, deren mikrotechnische Herstellung, die elektronische Signalgewinnung, die Weiterverarbeitung des Signals durch weitere integrierte Komponenten, die Diskussion von Datenblättern.

Detaillierte Inhalte Teil 1: Geschichte und Märkte der Halbleiterindustrie; Halbleiterphysik: Kristalle, Defekte, Bandstrukturen, Ladungsträger; Herstellung von Siliziumwafern; Reinraumtechnik; Schichtabscheidung (Halbleiter, Isolatoren, Metalle) und Verfahren (Chemical Vapor Deposition, Sputtern), Schichtmodifikation (Dotieren, Implantation), Strukturierung: Lithographie (Deep-UV, EUV) und Geräte, Sub-Wellenlängenverfahren (Phasenschiebermasken, Optical Proximity); Spezialstrukturen (Planarisierung, trench-isolation, Damascene-Metallisierung); Schichtabtragung (Naß- und Trockenätzen, CMP); Gesamtprozesse (Logik, DRAM), Analytik und Prozeßüberwachung, Packaging, Trends und Perspektiven.

Detaillierte Inhalte Teil 2: Materialgrundlagen; Technologie: Silizium, Sonderprozesse für Mikrosysteme, Aufbau- und Verbindungstechnik; Kraftsensoren für Druck, Beschleunigung, Elastizitätstheorie, piezoresistive, piezoelektrische und kapazitive Sensoren; Kontakttemperatursensoren: Thermioden und Thermotransistoren; Strahlungssensoren: Bolometer, Quantensensoren (CCDs), Teilchendetektoren; Magnetfeldsensoren: Hall-Sensoren, Feldplatten, AMR-Sensoren; Feuchtesensoren; Chemosensoren: ChemFETs, Pellistoren; Biosensoren: Enzym-Sensoren, DNS-Sensoren, Immuno-Sensoren, Biomedizinische Sensoren, Sensorimplantate; Smart-Sensors, Sensorsysteme

#### Literatur

- D.Widmann, H.Mader, H. Friedrich: Technologie hochintegrierter Schaltungen; Springer, Berlin (1996),
- J.D.Plummer, M.D.Deal, P.B.Griffin: Silicon VLSI Technology, Prentice Hall, 2000
- A. Heuberger: "Mikrosystemtechnik", Springer Verlag,

<ul style="list-style-type: none"><li>• W.Heywang; Sensorik, Springer Verlag, 1993</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Leistungsnachweis: Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min am Ende des zweiten Trimesters (sP-90 oder mP-30). Die genaue Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Kanalcodierung	6053

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60531	VÜ	Kanalcodierung	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse der höheren Mathematik, der Signal- und Systemtheorie, wie sie in der Vorlesung „Signale und Kommunikationssysteme“ (BA Modul „Kommunikationstechnik“) erlernt werden sowie Kenntnisse von Kommunikationssystemgrundlagen, wie sie in der Vorlesung „Kommunikationssysteme I“ (BA Modul „Kommunikationstechnik“) erlernt werden.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden erlernen in dieser Lehrveranstaltung die Grundlagen der Informationstheorie und darauf aufbauend die wichtigsten Methoden und Verfahren der Vorwärtsfehlerkorrektur und Kanalcodierung. Sie vertiefen dabei ihre Kenntnisse von spezifischen Codierungsverfahren und der Decodierung. Ferner erlernen Sie Werkzeuge und Kenngrößen zur analytischen Untersuchung von Codierungsverfahren und deren vergleichender Bewertung.

#### Inhalt

Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Informationstheorie als Voraussetzung für den Entwurf von Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren. Sie erhalten abschließend ein fundiertes Verständnis des Kanalcodierungstheorems, der Kanalkapazität verschiedener Übertragungskanäle und des Prinzips der Kanalcodierung. Die Studierenden werden mit Methoden zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit von Codes vertraut gemacht; sie berechnen eigenständig Distanzeigenschaften wie die Hamming-Distanz sowie weitere theoretische Grenzen (Bounds). Sie erlernen das Prinzip der Maximum-Likelihood (ML) und Maximum-A-Posteriori (MAP) Decodierung, der Soft-in soft-out Decodierung und reflektieren diese am Beispiel der wichtigsten Codeklassen. Hierzu gehören lineare Blockcodes, Low-Density Parity Check Codes und Faltungscodes. In Bezug auf die Blockcodes setzen sie sich analytisch und simulativ mit der Fehlerwahrscheinlichkeit auseinander. Die Studierenden vergleichen Low Density Parity Check (LDPC) Codes

<p>und erlernen deren Konstruktion und Bewertung anhand von Tanner Graphen. Für die Decodierung von LDPC Codes konzentrieren sie sich auf Message Passing Decodierung. Faltungscodes verstehen die Studierenden anhand von Zustandsautomaten; die Decodierung von Faltungscodes führen sie mit Trellis-Graphen und dem Viterbi-Decodierverfahren aus. Schließlich erlernen die Studierenden den Nutzen der Codeverkettung und deren iterativer Decodierung, einschließlich der Grundlagen der Turbo-Codes. Zur Decodierung von Turbo-Codes konzentrieren sich die Studierenden auf die MAP Decodierung mit dem BCJR Algorithmus.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bossert, M.: Channel Coding for Telecommunications. Wiley.</li><li>• Friedrichs, B.: Kanalcodierung. Springer</li><li>• Lin, S., Costello, D.: Error Control Coding. Prentice Hall.</li><li>• Johnson, S.: Iterative Error Correction. Cambridge.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
<p>Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.</p>
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC</li><li>• Pflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul CYB (M.Sc.), Vertiefungsfeld Security Intelligence</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
<p>1 Trimester, in jedem HT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Bildverarbeitung</b>	6054

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12521	VL	Digitale Bildverarbeitung	Pflicht	4
12522	UE	Digitale Bildverarbeitung	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse in MATLAB.
Qualifikationsziele
Die Studierenden sind in der Lage, das Gebiet der „digitalen Bildverarbeitung“ von anderen Gebieten mit Bezug zu Bilddaten (wie etwa der Computergraphik, Computeranimation, Informationsvisualisierung, etc.) abzugrenzen und haben einen Überblick über wichtige bildgebende Systeme aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen (Industrie, Medizin, etc.). Die Studierenden haben Detailkenntnisse über Methoden der digitalen Bildbe- und verarbeitung und kennen die erforderlichen mathematischen Grundlagen. Die Studierenden können in der Praxis vorkommende praktische Problemstellungen der Bildverarbeitung eigenständig analysieren und zielgerichtete Lösungen mit Hilfe von standardmäßig verfügbaren oder eigenständig modifizierten Methoden erarbeiten.
Inhalt
Bildgebende Mess-, Prüf- und Diagnoseverfahren sind heute bei einer Vielzahl von Anwendungen beispielsweise in Wissenschaft, Industrie und Medizin unverzichtbar, wobei die Entwicklung empfindlicher und hochauflösender Bildsensoren stetig voranschreitet. Die Entwicklung, Implementierung und der praktische Einsatz bildgebender Verfahren sind ohne computergestützte (digitale) Verarbeitung undenkbar. Somit basieren die Visualisierung, Be- und Verarbeitung, Archivierung, Kompression und (Fern-)Übertragung von Bilddaten fast ausschließlich auf digitalen Verfahren. In der Lehrveranstaltung werden in Erweiterung der herkömmlichen eindimensionalen (1D) Signalverarbeitung von zeitabhängigen Signalen in erster Linie zweidimensionale (2D) Signale (=Bilder) betrachtet. Aufbauend auf einer kurzen Behandlung des menschlichen

Sehsystems sowie verschiedener bildgebender Modalitäten (z.B. Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Ultraschallbildgebung, PET, SPECT, Bodyscanner, Kameras) werden herkömmliche Methoden der digitalen Bildverarbeitung in Theorie und Praxis betrachtet.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• R.C. Gonzalez, R.E. Woods: Digital Image Processing, 4th edition, Pearson, 2017.</li><li>• R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins: Digital Image Processing Using MATLAB®, 2nd ed, Gatesmark Publishing, 2010.</li><li>• B. Jähne: Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung, 7. Auflage, Springer-Verlag, 2013.</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mp-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben. Wiederholungsmöglichkeit am Ende des Wintertrimesters.
<b>Verwendbarkeit</b>
Pflichtmodul im Studiengang EIT und ME. Wahlpflichtmodul für alle anderen Studiengänge.
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
2 Trimester, in jedem Studienjahr



Modulname	Modulnummer
Praktikum Hochspannungstechnik	6055

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Fridolin Heidler	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60551	P		Pflicht	
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse des (Bachelor-) Moduls „Einführung in Electric Power Systems (EMP)“, Modulnummer 3410
Qualifikationsziele
Die Studierenden erlernen das verantwortungsbewusste Experimentieren mit hohen Spannungen und Strömen, die Prüftechnik zur Erzeugung hoher Spannungen und Ströme und die Methoden zur Auswertung von Versuchsergebnissen. Sie kennen die physikalischen Vorgänge bei unvollkommenen und vollkommenen Luftdurchschlägen, die Eigenschaften von Isoliermitteln, die Betriebsmittel und Schutzelemente in der Hochspannungstechnik. Sie erlernen die Messung und die Erzeugung hoher Gleichspannungen, Wechselspannungen und Stoßspannungen sowie hoher Ströme und die dazu benötigten Generatoren.
Inhalt
In diesem Modul erhalten die Studierenden einen Einblick in die allgemeine Hochspannungs-Versuchstechnik und die Betriebsmittel und Messverfahren bei Beanspruchungen mit Hochspannung. Die Studierenden lernen die Sicherheitsaspekte beim Experimentieren mit Hochspannungen kennen. Die Studierenden erlernen die Methoden zur Erzeugung und Messung hoher Gleich-, Wechsel- und Stoßspannung sowie hoher Stoßströme. Die Studierenden erhalten Einblick in die Eigenschaften von Isolierstoffen bei Beanspruchung mit hohen Spannungen.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Beyer, M., Boeck, W., Möller, K., Zaengl, W.: "Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen". Berlin, Springer Verlag, 1998,</li> <li>Schwab, A.: "Hochspannungsmesstechnik", 2. Auflage. Berlin, Springer-Verlag, 1981</li> </ul>

Leistungsnachweis
<ul style="list-style-type: none"><li>• Multiple choice Teilprüfungen zu jedem Versuch,</li><li>• Bewertete Hausarbeiten.</li></ul>
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem HT und WT

Modulname	Modulnummer
Regelung für energietechnische Systeme	6058

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60581	VÜ	Regelung für energietechnische Systeme	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

#### Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

#### Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Ingenieurmathematik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang erworben werden.
- Grundkenntnisse der Elektrotechnik, wie sie beispielsweise in den Bachelor-Modulen „Grundlagen der Elektrotechnik I + II“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.
- Grundkenntnisse über dynamische Systeme und Regelungstechnik, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Regelungstechnik“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.
- Grundkenntnisse über elektrische Maschinen, wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul „Einführung in Electric Mobility: Grundlagen elektrischer Maschinen“ (EIT und ME Mechatronik) erworben werden.

#### Qualifikationsziele

Die Studierenden sind in der Lage, wichtige Spielarten elektrischer Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme analytisch zu betrachten. Sie verstehen die nichtlineare, Zustandsraum-basierte Modellierung von Synchron- und Asynchronmaschinen. Sie verstehen, wie moderne Regelungskonzepte wie die Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, Eingangs-Ausgangs-linearisierende Regler und Zustandsbeobachter gewinnbringend eingesetzt werden können, um Synchron- und Asynchronmaschinen mit hoher Performanz zu regeln. Da sich die Studierenden im Verlauf dieses Moduls simultan mit modernen Regelungskonzepten und ihrer Anwendung auseinandersetzen, besitzen sie nach der Bewältigung dieses Moduls ein gleichzeitig vertieftes und praxisnahes Verständnis dieser Konzepte. Sie verstehen den Beitrag von Synchrongeneratoren zur Synchronisation und Spannungsstabilität elektrischer Wechselstromnetze.

Inhalt
<p>In diesem Modul lernen die Studierenden, elektrische Antriebe und Teilsysteme der elektrischen Energieversorgung aus dem Blickwinkel der dynamischen Systeme zu betrachten. Sie werden mit modernen Regelungskonzepten vertraut gemacht, indem sie direkt deren Anwendung bei der hochperformanten Regelung von elektrischen Antrieben kennenlernen. Insbesondere lernen sie so die Konzepte der Zwei-Freiheitsgrade-Regelung, des Eingangs-Ausgangs-linearisierenden Reglers und der Zustandsbeobachtung kennen, des weiteren Methoden zur Identifikation von Modellparametern. Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Synchronisation und die Stabilität von elektrischen Netzen, in die elektrische Leistung durch Synchrongeneratoren eingespeist wird.</p>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• John Chiasson: Modeling and High-Performance Control of Electric Machines, IEEE Press, 2005</li> <li>• K. Schmietendorf: Synchronisation und Spannungsstabilität in einem Netzwerk von Synchronmaschinen, Diplomarbeit an der Universität Münster, 2012</li> </ul>
Leistungsnachweis
<p>Schriftliche Prüfung 90 Min. oder mündliche Prüfung 30 Min. (die Art der Prüfung wird rechtzeitig bekanntgegeben.)</p>
Verwendbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Vertiefungsrichtung Electric Mobility &amp; Power;</li> <li>• Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Vertiefungsrichtungen „Mechatronik“ (MECH), „Modellierung luft- und raumfahrttechnischer Systeme“ (LRT) sowie „Modellierung und Simulation im Bauwesen“ (BAU).</li> </ul>
Dauer und Häufigkeit
<p>1 Trimester, in jedem FT</p>

Modulname	Modulnummer
<b>Integrierte Schaltungen</b>	6059

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12461	VÜ	Integrierte Schaltungen	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und digitalen Schaltungen, wie sie im Modul 3403 und 3420 vermittelt wird (Skripte unter <a href="https://www.unibw.de/ims/vorlesungen">https://www.unibw.de/ims/vorlesungen</a> ).
Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein Verständnis der Grundlagen des Entwurfs integrierter Schaltungen und von CMOS Technologien. Die Studierenden haben eine Befähigung zur Simulation und zur Verifikation integrierter Schaltungen. Die Studierenden haben einen Einblick in die analoge und digitale Schaltungstechnik.
Inhalt
Die Studierenden werden mit den Grundlagen der CMOS Technologien bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die elektrischen Entwurfsregeln. Die Studierenden werden mit den Grundlagen der Simulation integrierter Schaltungen bekannt gemacht. Die Studierenden lernen statistische Methoden für den Entwurf integrierter Schaltungen und das Layout integrierter Schaltungen. Parameter Extraktion und „pre-silicon“ Verifikation werden eingeführt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Behzad Razavi, Microelectronics, 2nd Edition International Student Version, ISBN: 978-1-118-16506-5</li> <li>Skript zur Vorlesung „Integrierte Schaltungen“, Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik, <a href="http://www.unibw.de/ims/vorlesungen">www.unibw.de/ims/vorlesungen</a></li> <li>P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley &amp; Sons, 4. Aufl., 2001</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Kurt Hoffmann, „Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung“, ISBN 3-486-57894-4, Oldenbourg-Verlag München, München/Wien 2006 (2. Auflage)</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Mündliche (25min) oder schriftliche Modulprüfung (75min) am Ende des WTs. Wiederholungsmöglichkeit zum Ende des FTs. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Digitale Filter und Array Processing</b>	6060

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60601	VÜ	Digitale Filter	Pflicht	3
60602	VÜ	Array Processing	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in der Digitalen Signalverarbeitung wie sie z.B. im Modul 6050 Signalverarbeitung vermittelt werden
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen vertieftes und fundiertes Wissen in der Analyse des Ein-/ Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich. Sie sind sicher im Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter. Sie sind fähig, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden können digitale Filterkomponenten in Abhängigkeit von der gegebenen Fragestellung auswählen, parametrieren und kritisch hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit bewerten. Sie erhalten die Kompetenz, das erworbene Wissen in voller Anwendungsbreite von Schätzverfahren im Zeit- und Frequenzbereich hinaus auf neue Fragestellungen anzuwenden. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, selbständig Fragestellungen zu den wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse und Parameterschätzung zu bearbeiten. Sie erkennen die breiten Potenziale von Mehrantennensystemen für die gerichtete räumliche Kommunikation und für die Nutzung der räumlichen Dimension als zur Zeit- und Frequenzdimension orthogonale Ausbreitungskomponente und können diese benennen. Die Studierenden können Methoden zur Apertursynthese und modellbasierten Strahlformung wiedergeben und selbstständig auf neue Problemstellungen anwenden.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Digitale Filter (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien zur Analyse und dem Entwurf digitaler Filter bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Signalverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsstrukturen kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Dabei erlernen sie sowohl Verfahren zum Entwurf von FIR-Filtern (Windowing, Frequency-Sampling, Tschebyscheff-Approximation) als auch zum Entwurf von IIR-Filtern (direkte, impulsinvariante und bilineare Transformation). In einem weiteren Kapitel werden die Studierenden mit dem Konzept der adaptiven Filter bekannt gemacht. Dabei werden zunächst exemplarisch das Least-Mean-Squares Verfahren und der Recursive-Least-Squares Algorithmus vorgestellt bevor die Studierenden an das allgemeine Prinzip der Zustandsmodellierung und des Kalman-Filters herangeführt werden. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen (Quantisierungseffekte, Stabilität, Grenzyklen) schließt die Lehrveranstaltung ab.

#### b) Lehrveranstaltung Array Processing (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden grundlegend in die Anwendungsgebiete und Applikationen von Antennenarrays, Beamforming und räumlichen Filtern eingeführt. Hierbei erwerben sie ein Verständnis über uniforme lineare Arrays, zirkulare Arrays, Array Performance Metriken und Antennenelemente sowie deren Eigenschaften. Die Studierenden werden in das Thema Antennenarrays eingeführt und verstehen die unterschiedlichen Syntheseformen. Sie erlernen Array-Polynome und z-Transformation, das räumliche Abtasttheorem, Binomialarrays, Dolph-Chebyshev Arrays und Villeneuve n-Verteilung und setzen sich mit der Least-Squares Fehlermustersynthese, dem Minimax Design, dem Null-Steering, dem Beamspace-Processing und den räumlich non-uniforme lineare Arrays auseinander. Die Studierenden machen sich mit den Grundlagen der planaren Arrays und Aperturen vertraut. Sie diskutieren parametrische und Wavenumber Modelle, Raum-Zeit-Zufallsprozesse und Snapshot Modelle (Frequenz und Zeit) zur Charakterisierung von Space-Time Prozessen. Die Studierenden erlernen die Themengebiete Beamforming, MMSE Estimators, Maximum SNR Estimators, Multiple Plane Wave Signals (MMSE und MVDR Beamformer), Eigenvektor Beamformer und adaptive Beamformer als Grundlagen der Waveform Estimation. Außerdem erlernen sie das Subspace Verfahren (MUSIC, ESPRIT), die Capon Methode und die Minimum-Norm Methode systematisch auf Fragestellungen zu modell- und leistungsbasierter Parameterschätzung anzuwenden. Die Studierenden vergleichen vertieft die MISO-Systeme, Alamouti-Minimum-Norm, MIMO Systeme, Pre-coding und MIMO Entzerrung und beherrschen somit die wesentlichen Themengebiete im Bereich Beamforming als Variante der Mehrantennenkommunikation.

#### Literatur

- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022



- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013
- Stoica P, Moses R: Spectral Analysis of Signals. Pearson Prentice Hall, 2005
- van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part IV. Wiley Interscience, 2001
- Vucetic B and Yuan J: Space-Time Coding. Wiley, 2003

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"
- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Transmission Security"
- Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.) mit Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK
- Wahlpflichtmodul MINT

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Methoden der Künstlichen Intelligenz</b>	6061

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60611	VÜ	Wissensbasierte Systeme	Pflicht	3
60612	VL	Künstliche Intelligenz - Theorie und Praxis	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in Mathematik (Lineare Algebra, Analysis, Stochastik)
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen im Bereich Künstliche Intelligenz (KI) und Deep Learning und sind in der Lage, ihr Wissen aus der klassischen Informationsverarbeitung mit den Erkenntnissen aus dem KI-Bereich kritisch und differenziert zu vernetzen. Die Studierenden sind mit den wesentlichen Grundsätzen logikbasierter Wissensrepräsentation und Inferenzmechanismen vertraut. Sie kennen die Besonderheiten menschlichen Schlussfolgerns und die verschiedenen Ansätze, menschliches Schließen mathematisch zu modellieren und technisch abzubilden. Die Studierenden kennen die Eigenschaften und speziellen Anforderungen an die KI-Systemen zugrundeliegenden Hardware-Architekturen und verfügen über solide Basiskenntnisse in Entwurf und Anwendung von Neuronalen Netzen und Fuzzy-Inference Systemen. Sie sind vertraut mit den elementaren Methoden des maschinellen Lernens und können deren spezifischen Eigenschaften und Grenzen fundiert einordnen. Dies schließt auch deren Beurteilung im Sinne der Technikfolgenabschätzung mit ein. Die Studierenden sind sicher im selbständigen problemorientierten Arbeiten und verfügen über die Fähigkeit zur fundierten Bewertung und Auswahl verschiedener Konzepte der Wissensverarbeitung.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Wissensbasierte Systeme (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien wissensbasierter und lernfähiger informationstechnischer Systeme bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Informationsverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer ersten Definition des Begriffes „Künstliche Intelligenz“ und einer Übersicht über die betroffenen wissenschaftlichen Disziplinen werden die verschiedenen Ausrichtungen der KI-Forschung vorgestellt und in einem ersten exemplarischen Ansatz anhand des Gebiets der Expertensysteme und des Gebiets der Neuronalen Netze illustriert. Im Anschluss an einen kurzen Exkurs in die Grundlagen der Logik, befassen sich die Studierenden ausführlich mit den Prinzipien der logikbasierten Wissensrepräsentation und den zugehörigen Inferenzmechanismen. Neben Methoden des deduktiven und des unsicheren Schließens werden Techniken zum effizienten Durchsuchen der Wissensbasis vorgestellt. Die Studierenden erlernen das Konzept der Regelbasierten Systeme, welches anhand des Beispiels der Fuzzy-Inferenz-Systeme weiter vertieft wird. Sie werden mit verschiedenen Techniken des maschinellen Lernens zur Klassifikation und Mustererkennung vertraut gemacht und lernen deren spezifischen Stärken und Schwächen in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung gegeneinander abzuwägen. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie massiv parallelen Systemen, FPGA-Architekturen und dedizierten Rechenkernen auf Grafikkarten rundet die Lehrveranstaltung ab.

#### b) Lehrveranstaltung Künstliche Intelligenz – Theorie und Praxis (Prof. Werner Wolf)

Die Lehrveranstaltung beginnt mit einem Seminaranteil, in dem die Studierenden vorgegebene populärwissenschaftliche Publikationen zum Thema Künstliche Intelligenz (KI) analysieren und in eigenen Beiträgen deren Grundaussagen und auch ihre persönliche Beurteilung darstellen. Diese Lehrkomponente zielt darauf ab, dass die Studierenden sich aktiv mit der aktuell sehr regen Diskussion über gesellschaftspolitische und ethische Fragen zur Anwendung von Methoden der Künstlichen Intelligenz auseinandersetzen und damit sich der Perspektive der Technikfolgenabschätzung öffnen. Der zweite Teil der Lehrveranstaltung befasst sich mit dem Lernen und Schließen in neuronalen Netzen, wobei im Sinne der Bionik das biologische Neurosystem dem technisch abstrakten Konstrukt gegenüber gestellt wird. Dies schließt die Diskussion von technikphilosophischen Aspekten wie „Was ist Information?“, „Ist Objektivität in der Wissensverarbeitung durch technische Systeme möglich?“ und „Hat ein neuronales System einen freien Willen“ mit ein. Auch in diesem Teil der Lehrveranstaltung sollen die Studierenden wieder aktiv durch Beiträge mit einbezogen werden. Nachfolgend werden die wesentlichen Kriterien zur praktischen Anwendung von KI-Systemen, nämlich Kosten, Nutzen und prinzipielle Anwendungsmöglichkeiten, beleuchtet. Beispiele mit realen Anwendungen werden die Lehrveranstaltung abschließen.

#### Literatur

- Beierle C., Kern-Isberner G.: Methoden wissensbasierter Systeme - Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen. Springer Vieweg, 2019
- Russell S.J., Norvig P., Artificial Intelligence: A Modern Approach, Pearson Education Limited, 2021
- Nielsen M.A.; Neural Networks and Deep Learning, Determination Press, 2015

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul ME (M.Sc.), Vertiefungsrichtung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	6062

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12532	VÜ	Übertragungssicherheit	Pflicht	3
13811	VÜ	Nachrichten- und Informationstheorie	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul 1077: Signale und Kommunikationssysteme</li> <li>• Modul 1083: Kommunikationstechnik</li> <li>• Modul 1244: Kommunikationstechnik II</li> <li>• Modul 6051: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen</li> <li>• Modul 3402: Elektromagnetische Felder</li> <li>• Modul 3401: Elektrische Leitungen und Wellen</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:</p> <p>Die Studierenden kennen informationstheoretische Begriffe und Kenngrößen wie Entropie, wechselseitige Information und Kanalkapazität und können diese für verschiedene Kanäle bestimmen. Sie kennen nachrichtentheoretische Konzepte optimaler Empfänger und können zugehörige theoretische Grenzen ableiten. Sie können heute verwendete Verfahren in diese abstrakteren Konzepte einordnen und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage ausgehend von optimalen Empfängerkonzepten aufwandsgünstigere suboptimale Konzepte abzuleiten.</p> <p>Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:</p> <p>Die Studierenden kennen Verfahren und Methoden auf System- und Komponentenebene um die Übertragungssicherheit von Kommunikationssystemen zu bewerten und erlernen Fähigkeiten um Systeme mit erhöhter Übertragungssicherheit zu entwerfen. Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Problemstellungen der Sicherheit moderner Informations-Übertragungssysteme mit dem besonderen Hinblick auf drahtlose</p>

Systeme, welche in den letzten Jahren eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt haben. Hierbei werden zuerst Einschränkungen der Informationsübertragungen durch Störungen sowie der Abhörsicherheit durch elektromagnetische Kopplungseffekte und Übersprechen betrachtet, woraufhin die technischen Lösungen zur Reduzierung dieser Einschränkungen dargestellt werden. Den Studierenden wird die Fähigkeit vermittelt, die Übertragungssicherheit gegebener Systeme einschätzen zu können und als Ingenieure die Strategien zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zu beherrschen.

## Inhalt

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie:

Die Studierenden erlernen informationstheoretische Grundbegriffe wie Entropie, bedingte Entropie, wechselseitige Information, Kanalkapazität und deren Berechnung. Sie erlernen in der Praxis verwendete Verfahren einzuordnen und die Gründe für Abweichungen zu den theoretischen Grenzen zu verstehen. Sie sind damit in der Lage Verbesserungspotentiale zu erkennen und mögliche Lösungen dafür zu entwickeln. Die Studierenden lernen die Signalraumdarstellung (Basisfunktionsentwicklung, irrelevante Signalanteile), Detektionsverfahren (MAP, ML, Euklid'sche Distanz, Signalkonstellationen) und optimale Empfängerkonzepte (Vektordemodulator, Korrelationsdemodulator) und die Abschätzung von deren Fehlerwahrscheinlichkeiten kennen und anhand von Beispielen anzuwenden.

Lehrveranstaltung Übertragungssicherheit:

Teil Systemaspekte zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (N.N.)

Die Studierenden lernen die Systemmodellierung, Verfahren zur Störunterdrückung im Zeit- und Frequenzbereich (Störimpulsaustastung, Bandsperre), störresistente Bandspreizverfahren (Direct-Sequence-Spread-Spectrum, Frequency-Hopping) und deren Verhalten bei verschiedenen Störarten (Breitbandstörer, Schmalbandstörer, Pulsstörer) kennen und anhand von Beispielen anzuwenden und entsprechende Kenngrößen zu bestimmen. Sie erlernen die entsprechenden Systemparameter aus Anforderungen zu berechnen.

Teil Verbesserung der Übertragungssicherheit auf physikalischer Ebene (Lindenmeier)

Die Studierenden lernen Beeinträchtigungen der Übertragungsstrecke durch Störungen, Rauschen, Fading und Jamming kennen. Sie lernen elektromagnetische Koppelmechanismen, Übersprechen und entsprechende Entkopplungsmaßnahmen, Schirmung und Filterung kennen. Rauschquellen und dazugehörige Abhilfemaßnahmen werden erlernt. Kenntnisse von Antennendiversity und intelligenten Antennenkonzepten werden vermittelt. Die erlernten Kenntnisse und Methoden werden anhand von Beispielen angewandt und vertieft.

## Literatur

Lehrveranstaltung Nachrichten- und Informationstheorie

- Wozencraft, Jacobs: „Principles of Communication Engineering“, John Wiley 1965
- Gallager: "Principles of Digital Communication", Cambridge University Press, 2008

<b>Lehrveranstaltung</b> Übertragungssicherheit
<ul style="list-style-type: none"><li>• Simon, Omura, Scholtz: "Spread Spectrum Communications Handbook", McGraw-Hill, 2001</li></ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 90 min (2x45min) Dauer (sP-90)
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Connected Life“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“</li><li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“</li><li>• Pflichtmodul ME, Vertiefung ITSK</li><li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>CAD und Wellenausbreitung</b>	6063

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. (habil) Wilfrid Pascher	-	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60631	VÜ	Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder	Pflicht	3
60632	VÜ	Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

<b>Voraussetzungen laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Kenntnisse in Theoretischer Elektrotechnik und Hochfrequenztechnik, wie sie z.B. in den Modulen "Theoretische Elektrotechnik I und II", „Hochfrequenztechnik und Einführung in Radio Communications (MSC)“ und "Funktechnik und mobile Kommunikation" aus den jeweiligen B.Sc.-Studiengängen vermittelt werden.
<b>Qualifikationsziele</b>
Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse über die Funktionsweise verschiedener numerischer Verfahren, deren Einteilung, deren Vor- und Nachteile, sowie deren analytischen und numerischen Aufwand. Sie erwerben Grundkenntnisse über die verwendeten Lösungsansätze. Sie beherrschen die Anwendung auf einfache passive Komponenten und Schaltungen in der Mikrowellentechnik sowie auf Antennen. Die Studierenden kennen einige in Forschung und Industrie aktuell eingesetzte CAD-Programme für numerische Feldberechnung. Sie beherrschen die Grundlagen der Problemdefinition (Dateneingabe) bei der Simulation und die Grundlagen des Postprocessings. Sie können die Simulationsergebnisse bewerten. Die Studierenden kennen die Phänomene der Wellenausbreitung. Sie können Freiraumwelle, Bodenwelle und Raumwelle unterscheiden und deren Eigenschaften angeben. Sie kennen verschiedene Ausbreitungsmodelle und wenden sie exemplarisch in urbanen und ländlichen Szenarios und für Satellitenstrecken an.
<b>Inhalt</b>
a) Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder



Mit Hilfe verschiedener Methoden werden die charakteristischen Eigenschaften von Leitungen, Resonatoren, Filtern und anderen Schaltungselementen berechnet. Dabei werden Strukturen aus Mikrostreifen-, Koplanar- und Koaxialleitungen untersucht. Es werden vor allem folgende Methoden behandelt:

- Finite Differenzen
- Momentenmethode
- Finite Elemente

Dabei wird die Simulation im Frequenzbereich und im Zeitbereich vorgestellt und diskutiert.

b) Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen.

Im Anschluss daran werden verschiedene Methoden zur Berechnung von Antennen vorgestellt. Optische Verfahren (GO, GTD, UTD, PO, PTD) werden beschrieben und ihr jeweiliger Anwendungsbereich erklärt. Die Lösung der Maxwell'schen Gleichungen mit zwei verschiedenen Herangehensweisen demonstriert, nämlich im diskretisierten Raum (FEM, FDTD) und an diskretisierten Oberflächen (MOM). Außerdem werden Grundlagen der Wellenausbreitung und Modelle zu deren Berechnung vorgestellt. Dabei werden folgende Phänomene und Modelle berücksichtigt:

- Freiraumwelle, Satellitenstrecke, Link Budget
- Bodenwelle mit ebener und sphärischer Erde
- Raumwelle, Eigenschaften der Ionosphäre
- Hindernisse im Ausbreitungsverlauf
- empirische Modelle
- Terrainmodelle

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 75 min Dauer (sP-75)

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“
- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Transmission Security“
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

<b>Modulname</b>	Modulnummer
<b>Weltraumnutzung</b>	6065

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60651	VÜ	Satellitennavigation	Pflicht	3
60652	VÜ	High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

Kenntnisse in Mathematik und Physik, wie sie in den Bachelor-Studiengängen vermittelt werden. Außerdem sind Kenntnisse über die Eigenschaften und die Beschreibung von Signalen und Übertragungssystemen in der Nachrichtentechnik hilfreich.

Qualifikationsziele

Die Studierenden machen sich bewusst, dass heutzutage die wirtschaftliche Nutzung des Weltraums insbesondere durch die Satellitenkommunikation, Satellitennavigation und die Erdbeobachtung erfolgt. Satellitenkommunikation und Satellitennavigation sind dabei die wesentlichen Nutzungsarten im Zusammenhang mit der Weltraumkommunikation und Signalübertragung. Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung zunächst mit den Grundkenntnissen der Geometrie zu radiobasierten Positionierungsverfahren vertraut gemacht. Sie verstehen grundlegende, als auch analytische lauffzeitbasierte Positionierungsverfahren. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, selbstständig die Positionsschätzung durch Tracking-Algorithmen des empfangenen Signals zu verbessern. Sie prüfen detailliert die Signale von verschiedenen Satellitennavigationssystemen und analysieren eigenständig deren gängige Fehlerquellen. Mit Blick auf Satellitenkommunikationssysteme werden die Studierenden zunächst in die aktuellsten Anwendungsgebiete eingeführt und daraus abgeleitet mit modernen technischen Fragestellungen vertraut gemacht. Ein Fokus liegt dabei auf der Kapazitätssteigerung durch Nutzung von Mehrantennentechnologien und Frequenzwiederverwendungsverfahren, die in modernen Multibeam-Satellitenarchitekturen derzeit Fuß fassen, bis hin zu Räummultiplexverfahren (MIMO). Sie erwerben die Fähigkeit, die genannten Systeme auf Systemebene qualitativ auszulegen, die Systeme und Subsysteme nach ihren technischen Kenndaten grob

zu dimensionieren, die Einflussgrößen wesentlicher Systemberechnungen quantitativ abzuschätzen und auch dazu grundlegende Berechnungen durchzuführen. Die Studierenden unterscheiden zudem spezifisch sicher die wesentlichen Arten der Anwendungsfelder für die verschiedenen Technologien.
<b>Inhalt</b>
<p>a) Lehrveranstaltung Satellitennavigation (Dr. Michael Walter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)</p> <p>Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Satellitennavigationssysteme. Sie machen mit Orbits, Koordinatensystemen und Zeitsystemen Bekanntschaft. Die Studierenden erlernen die Fähigkeit, Radionavigationsmethoden zu vergleichen und werden mit GPS Signalen vertraut gemacht. Sie diskutieren die Positions- und Geschwindigkeitsschätzung und lernen das Tracking kennen. Die Studierenden erlernen die verschiedenen Fehlerquellen und die Effekte der ihnen bereits bekannten Mehrwegeausbreitung für das Navigationssignal. Sie setzen sich mit der Modernisierung der Satellitensignale und der Interferenz auseinander. Die Studierenden machen mit Jamming und Spoofing Bekanntschaft und schätzen deren Wirkungsweisen ein.</p>
<p>b) Lehrveranstaltung High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)</p> <p>Die Studierenden werden mit der Evolution der Nutzlastarchitekturen und deren Eigenschaften wie transparent, regenerativ, Bent-Pipe (analog und digital) bekannt gemacht. Sie vergleichen modernste Netzarchitekturen, Multiple Access (FDMA, CDMA, TDMA) Verfahren, Frequenzwiederverwendungsverfahren und Verfahren zur Ressourcenallokation wie bspw. Beamhopping. Die Studierenden werden mit den zugrunde liegenden technologischen Konzepten, Kapazitätsbetrachtungen und der Hardware-Implementierung von Multibeam-Satellitenarchitekturen (Array FED Reflector, Direct Radiating Arrays) vertraut gemacht. Sie setzen sich mit der Frequenzwiederverwendung, der Interferenzbehandlung, der MIMO-Übertragung und neuartigen Frontend-Strukturen auseinander. Sodann erlernen die Studierenden Linkbudgets und Systemberechnungen für High-Throughput-Satellites (HTS) durchzuführen. Auch machen sie mit der Signalverzerrung (Precoding) für moderne digitale Satellitennutzlasten Bekanntschaft. Mit diesen Techniken erlernen die Studierenden nun die Rolle von Satelliten in zellularen 5G Mobilfunknetzen sowie für das neue Anwendungsgebiet das Internet der Dinge. Auch mit neuen Anforderungen an die Sicherheit solcher Systeme setzen sie sich unter dem Aspekt der Physical Layer Security auseinander. Je nach Verfügbarkeit und Interesse wird die Lehrveranstaltung ggf. durch eine Exkursion zum Satellitenkontrollzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen ergänzt.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance</li><li>• Maral, Bousquet: Satellite Communication Systems. Wiley</li><li>• Agrawal: Satellite Technology. Wiley</li><li>• Hansen: Phased Array Antennas. Wiley</li></ul> <p>weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben</p>

<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25) am Ende des Herbsttrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik</b>	6066

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Schein	-	5

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60661	V/Ü/P	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	Pflicht	5
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

keine

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundlagen der Chemie, wie durch Abitur vermittelt
- Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und Physik, wie im B.Sc. Studium vermittelt

Qualifikationsziele

Der/die Studierende erwirbt die Kompetenz, die Probleme der Antriebstechnik als Teil eines Gesamtsystems zu sehen und einzuordnen. Er/sie wird in die Lage versetzt, mit Grundbegriffen der Satellitenantriebstechnik umgehen zu können und die Unterschiede verschiedener Systeme zu erkennen und zu bewerten. Die Studierenden können Missionsgrundlagen bewerten und auf Basis dieser Bewertung qualifizierte Entscheidungen für die Definition der Randbedingungen für ein Antriebssystem durchführen. Der Satellitenantrieb als Beispiel für eine technologische Entwicklung, die durch bestimmte Randparameter, wie Gewicht, Lebensdauer, Energieverbrauch, Schubanforderungen, eingegrenzt wird, ist typisch für eine industrielle Entwicklung. Es werden die Grundlagen dafür gelegt, eine solche Aufgabe zu lösen, und selbstständig das bestmögliche System für eine bestimmte Anwendung zu finden. Dieser Studiengang erweitert das physikalische Basiswissen der Studenten in dem Bereich der Plasmaphysik, und erweitert den Horizont der EIT-Studenten in Bezug auf die Transparenz der Ingenieurwissenschaften. Es wird gezeigt, wie sehr die Elektrotechnik auch z. B. Teil der Raumfahrttechnik ist.

Inhalt

In diesem Modul werden die Studierenden mit den Grundlagen und Technologien auf dem Gebiet der elektrischen Satellitenantriebe bekannt gemacht. Dieses beinhaltet auch die Grundlagen zur Analyse von Raumfahrtmissionen. Sie erhalten Kenntnisse zum

Einsatz dieses Wissens und zur Methodik der Auswahl geeigneter Antriebssysteme für spezielle Missionsanforderungen.

- Sie erhalten eine Einführung in grundlegende Begriffe der Antriebstechnik
- Auf Basis dieser Grundlagen werden in exemplarischer Weise Fragestellungen zur Missionsdurchführung eingeführt.
- Anhand von Beispielen einfacher chemischer Antriebstechnik lernen die Studierenden theoretische Ansätze zur Evaluation der Funktionseffizienz eines Antriebssystems kennen
- Die elektrische Antriebstechnik als Erweiterung der Möglichkeiten für Missionsszenarien wird eingeführt
- Verschiedenste Verfahren der elektrischen Antriebstechnik werden anhand exemplarischer Beispiele sowohl theoretisch als auch praktisch bekannt gemacht
- Methodiken und Analyseverfahren zur Auswahl geeigneter Antriebssysteme werden vermittelt
- An geeigneten Fragestellungen werden Kenntnisse zur Anwendung der Auswahlverfahren abhängig von Missionsparametern trainiert

Basierend auf vertieftem plasmaphysikalischem Verständnis und dem Verstehen und Erlernen von Grundbegriffen der Antriebstechnik werden Kompetenzen und Methoden für selbstständige Berechnung und Dimensionierung elektrischer Antriebssysteme für spezielle Raumfahrtmissionen vermittelt.

#### Literatur

- R. G. Jahn: "Physics of Electrical Propulsion", Dover Publications, 2006

#### Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 90 Minuten (sP-90) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (mP-30) sowie Notenschein (NS)

- Referat (Seminar),
- Übungsprojekt (Projekt),
- Take home exam (Vorlesung)

#### Verwendbarkeit

- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung EMP, Spezialisierung "Electric Mobility"
- Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Mobile and Space Communications“
- Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.

#### Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
<b>Biomedizinische Informationstechnik 2</b>	6067

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	-	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18462	VÜ	Biosignalverarbeitung	Pflicht	3
18463	VL	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Pflicht	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>5</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung, wie sie im Modul 1846 Biomedizinische Informationstechnik 1 vermittelt werden</li> <li>MATLAB-Grundkenntnisse sind wünschenswert</li> </ul>

Qualifikationsziele
<p>Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur sicheren Modellierung, Verarbeitung und Interpretation biologischer Signale. Sie sind mit möglichen Störquellen vertraut und besitzen die Fähigkeit, registrierte Signale kritisch auf Artefakte zu hinterfragen und die Gefahr möglicher Fehlinterpretationen fundiert einzuschätzen. Sie sind sicher im Umgang mit ausgewählten Werkzeugen der Biosignalverarbeitungskette, reflektieren deren Stärken und Schwächen und sind in der Lage, diese Werkzeuge auch bei neuen Fragestellungen gezielt einzusetzen. Die Studierenden können menschliche Verhaltensaspekte in der Interaktion mit IT-Systemen fundiert beurteilen und sind fähig, diese zu modellieren und beim Entwurf von IT-Systemen gezielt zu berücksichtigen. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team</p>

Inhalt
<p>Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion</p>

einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert. Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 2 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignalverarbeitung und Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude):

In der Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung werden, nach einer kurzen Einführung in die Basiswerkzeuge der digitalen Signalverarbeitung, die klassischen Stufen der Biosignalverarbeitungskette von der optimalen Signalaufbereitung bis hin zur Klassifikation und Entscheidungsfindung erörtert. Dabei werden ausgewählte Methoden der Biosignalverarbeitung vorgestellt, die die Studierenden dann selbst in einer MATLAB-Umgebung implementieren und auf synthetische und reale Biosignale anwenden. Dabei konzentriert sich die Lehrveranstaltung neben der Modellierung biomedizinischer Signalquellen auf lineare und nichtlineare Methoden zur Signalanalyse und Merkmalsextraktion, Überwachungs- und Algorithmen sowie Methoden zur Mustererkennung und Diagnoseunterstützung. Abschließend werden Strategien für die ambulante Erfassung von Langzeitdaten vorgestellt.

b) Lehrveranstaltung Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen(n.n.):

Die Lehrveranstaltung befasst sich mit Konzepten der menschlichen Informationsverarbeitung und der menschlichen Physiologie und deren Abbildung in Informationssystemen. Ausgehend von Beispielen der Fahrermodellierung und der Beschreibung menschlichen Verhaltens in Sicherheitssystemen werden grundlegende Modellierungsprinzipien und -vorgehensweisen detailliert erläutert. Die informationstechnischen Verfahren werden in den Beispieldomänen um menschliche Verhaltensaspekte (human factors) erweitert. Die Studierenden analysieren die „Funktionsweise“ des Menschen und erörtern wichtige Konzepte zur Modellierung des Menschen als Regelelement.

#### Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019
- Bruce EN: Biosignal Processing and Signal Modelling. Wiley, New York, 2001
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials
- Bungartz HJ, Zimmer S, Buchholz M, Pflüger D: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung. Verlag Springer, 2009
- B. Schneider, „Die Simulation menschlichen Panikverhaltens - Ein Agenten-basierter Ansatz“. Verlag Vieweg&Teubner, Wiesbaden, 2011.



<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75) oder mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer (mP-25). Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Connected Life"</li><li>• Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Micro &amp; Nano Electronics"</li><li>• Wahlpflichtmodul INF (M.Sc.), Anwendungsfach Elektrotechnik</li><li>• Wahlpflichtmodul MINT</li><li>• Vorbereitung von Masterarbeiten auf dem Gebiet der Biomedizinischen Informationstechnik.</li></ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
<b>Neuartige Bauelemente und deren Zuverlässigkeit</b>	6068

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Walter Hansch	-	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12541	VÜ	Advanced MOSFETs and Novel Devices	Pflicht	3
12542	VÜ	Zuverlässigkeit in der Halbleitertechnologie	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik und Mathematik aus dem Bachelor-Studiengang
Qualifikationsziele
Die Studierenden lernen, aus welchen technologischen und ökonomischen Gründen eine spezielle Bauelemententechnologie (CMOS) für die Halbleiterelektronik einen dominanten Marktanteil von etwa 90% erreicht hat und welche Vor- und Nachteile alternative Bauelementkonzepte aufweisen. Für diese Bauelemente werden die Grundlagen zur Bewertung der Zuverlässigkeit (Einhaltung der kundenspezifischen Anforderungen über die Lebensdauer) und sicherheitstechnische Aspekte anhand von industriellen Beispielen vermittelt. Die Studierenden sollen nach der Vorlesung in der Lage sein, am Beispiel der Halbleiterbauelemente Qualitäts- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dabei sollen übliche Werkzeuge (Software, statistische Methoden) mit in die Untersuchungen einbezogen werden können. Außerdem soll die Fähigkeit vorhanden sein, aus den Untersuchungen mögliche Fehlermechanismen zu bestimmen.
Inhalt
Im Teil 1 des Moduls werden die historische Entwicklung der MOSFETs zu "mainstream"-Bauelementen unter physikalischen, technologischen und ökonomischen Aspekten aufgezeigt. Die Eigenschaften klassischer Langkanal- und Kurzkanal-MOSFETs mit Kurzkanal-Effekten und Skalierungsregeln werden diskutiert. Als Grundlage für zukünftige Bauelemente werden die Grundlagen des Ladungsträgertransportes (Drift-Diffusion, Hydrodynamischer Transport, Quantenmechanik) vermittelt. Mögliche neue MOSFET-Bauelemente und deren Charakteristika (strain engineering, metal gate, high-k dielectrics,

<p>steep-slope devices, vertical MOSFETs, double-gate, fully-depleted MOSFETs) werden gegenüber neuartigen Bauelementen, wie den Hot-Electron Transistors, Spintronic devices, Tunneling transistors, Low-dimensional devices, Coulomb-blockade devices, Single-electron transistor, memory and logic applications, diskutiert.</p> <p>Im Teil 2 des Moduls werden in Erweiterung von Teil 1 die Grundlagen inklusive der statistischen Methoden (Stichprobenauswertung, Weibull-Verteilung) für die Bestimmung der Qualität und Zuverlässigkeit (Ausfallraten, Fits) von Produkten und Prozessen der Halbleiterindustrie vermittelt. Darüber hinaus werden mögliche Ausfallmechanismen für Halbleiterbauelemente diskutiert.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sze: Physics of Semiconductor Devices, Wiley, 1981-2007</li> <li>• Deleonibus: Electronic Device Architectures for the Nano-CMOS Era, Pan Stanford Publishing, 2009</li> <li>• McPherson: Reliability Physics and Engineering, Springer, 2010</li> </ul>
<b>Leistungsnachweis</b>
Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min am Ende des vierten Trimesters (sP-90 oder mP-30). Die genaue Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
<b>Verwendbarkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflichtmodul EIT M.Sc., Vertiefung MSC, Spezialisierung „Micro &amp; Nano Electronics“</li> <li>• Wahlpflichtmodul EIT M.Sc.</li> </ul>
<b>Dauer und Häufigkeit</b>
1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Inter- Satellite Communications</b>	6069

Konto	Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023
-------	---

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	-	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
34451	VÜ	Optische Freiraumübertragung	Pflicht	3
60691	VÜ	Parameterschätzung für Kommunikationssysteme	Pflicht	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				<b>6</b>

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse in Mathematik und Physik, wie sie in den Bachelor-Studiengängen vermittelt werden. Außerdem sind Grundkenntnisse der Signalverarbeitung und Kenntnisse über die Eigenschaften und die Beschreibung von Signalen und Übertragungssystemen in der Nachrichtentechnik hilfreich.

Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen fundiert die physikalischen Prinzipien der optischen Kommunikationstechnik, insbesondere die Grundlagen des Elektromagnetismus mit Bezug zur Datenübertragung mit Licht. Sie benennen eigenständig den Stand der Technik in Bezug auf optische Kommunikationssysteme, Vor- und Nachteile und formulieren die Einsatzbereiche für optische Kommunikationssysteme. Die Studierenden reflektieren selbstständig die Systembestandteile eines optischen Kommunikationssystems und deren Aufgaben. Motiviert durch die komplexen Anforderungen der Datenübertragung im Weltraum über enorme Entfernungen, erkennen die Studierenden die Bedeutung der Synchronisation für den Entwurf von Funkübertragungssystemen. Sie kennen eigenständig die wesentlichen Anwendungsgebiete der Parameterschätzung sowie die damit einhergehenden Schätzprobleme in der Informationstechnik. Um sich das Thema zu erschließen, klassifizieren die Studierenden detailliert nachrichtentechnische Schätzprobleme und damit zusammenhängende Lösungsansätze. Die Studierenden beurteilen vertieft die Cramer-Rao-Grenze als entscheidende theoretische Grenze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Schätzalgorithmen sowie deren Berechnungsdynamik. Sodann bewerten sie fundiert verschiedene Methoden und Verfahren der Parameterschätzung und Synchronisation und ordnen ihre Vor- und Nachteile in Bezug auf ihre

Leistungsfähigkeit und den praktischen Aufwand ein. Zur Vertiefung prüfen die Studierenden detailliert typische Beispiele praktisch relevanter Synchronisationsverfahren für wesentliche Synchronisationsaufgaben in praktischen Systemen und für unterschiedliche Modulationsverfahren (Träger- und Taktsynchronisation).
<b>Inhalt</b>
<p>a) Lehrveranstaltung Optische Freiraumübertragung (Dr. rer. nat. Marcus Knopp, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)</p> <p>Die Studierenden erhalten in dieser Lehrveranstaltung eine Einführung in die optischen Kommunikationssysteme. Neben der Motivation für diese Technologien werden praktische Randbedingungen wie Bandbreitenbedarf, Glasfaser vs. Optische Freiraumübertragung (FSO) und sonstige Systemdefinitionen erlernt. Die Studierenden setzen sich mit den physikalischen Grundlagen wie Elektromagnetismus, geometrische Optik und der Frage nach dem Licht auseinander. Die Studierenden werden mit der Funktionsweise der optischen Freiraumübertragung, den Lichtquellen, den Modulatoren, den Detektoren, optischen Komponenten und Pointing, Acquisition &amp; Tracking (PAT) als technologische Grundlagen vertraut gemacht. Sie erlernen die Atmosphäre, das Wetter, die Sichtbarkeit und die Link-Budget Analyse als Einflussfaktoren bei der Signalausbreitung in optischen Freiräumen. Die Studierenden machen mit den Übertragungsverfahren wie Modulationsverfahren und Codierung für Optik sowie mit optischen Kanalmodellen Bekanntschaft. Zum Abschluss setzen sie sich mit Anwendungsfeldern in der Raumfahrt, darunter SATCOM (ISL, SGL, Data Relay), Deep-Space-Communications und optische Bodenstationen für den Up- und Downlink auseinander.</p>
<p>b) Lehrveranstaltung Parameterschätzung für Kommunikationssysteme (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)</p> <p>Die Studierenden erlernen in dieser Lehrveranstaltung die Grundlagen der Parameterschätzung und Synchronisation im AWGN Kanal. Sie machen mit dem Signalmodell und der statistischen Beschreibung von Signalen und Signalparametern Bekanntschaft. Die Studierenden setzen sich mit der pilotsymbol-basierten Schätzung, der entscheidungsgestützten Schätzung und den Feedforward/Feedback Strukturen als Einflussfaktoren in der Klassifizierung von Schätzverfahren und Schätzern auseinander. Sie diskutieren die Bedeutung, Berechnung und Interpretation der Cramer-Rao-Grenze als theoretisches Vergleichsmaß zur Einordnung der Leistungsfähigkeit von Schätzern. Die Studierenden werden mit der Darstellung der wesentlichen Synchronisationsaufgaben in Übertragungssystemen (Träger/Takt, Frequenz und Phase, Kanalschätzung, Rahmensynchronisation) vertraut gemacht. Sie erlernen beispielhafte Schätzverfahren für die unterschiedlichen Synchronisationsparameter in Abhängigkeit des Modulverfahrens (PSK, QAM) zur Darstellung der Verfahren, Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Analyse des praktischen Aufwands. Die Studierenden erhalten eine Einführung zu Phasenregelschleifen zur Nachregelung von Parameterabweichungen in der Synchronisation und deren Funktionsweise, Stellgrößen und Performancekriterien.</p>
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Gardner FM: Phaselock Techniques. 3rd edition, John Wiley &amp; Sons, 2005</li><li>• van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part I. Wiley Interscience, 2001</li></ul>

- Mengali and D' Andrea: Synchronization Techniques for Digital Receivers. Plenum Press New York, 1997
- Benvenuto N and Cherubini G: Algorithms for Communications Systems and their Applications. John Wiley & Sons, 2003
- Bouchet O, Sizun H, de Fornel CBF, Favennec PN: Free Space Optics. Wiley, 2010

**Leistungsnachweis**

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90) oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30) am Ende des Wintertrimesters. Die genaue Art der Prüfung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

**Verwendbarkeit**

- Pflichtmodul EIT (M.Sc.), Vertiefung MSC, Spezialisierung "Mobile and Space Communications"
- Wahlpflichtmodul MINT

**Dauer und Häufigkeit**

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
<b>Masterarbeit EIT</b>	1233

Konto	Masterarbeit - EIT 2023
-------	-------------------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling	Pflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
900	0	900	30

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden die allgemeinen Kenntnisse aus dem Master- Studium.
Qualifikationsziele
Die Studierenden können eine anspruchsvolle Aufgabe selbständig analysieren und mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Sie haben Erfahrung in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens. Sie haben in einem speziellen Forschungsgebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik vertiefende praktische Erfahrung gesammelt.
Inhalt
In der Master-Arbeit soll eine Aufgabe aus einem begrenzten Problemkreis unter Anleitung selbständig mit bekannten Methoden wissenschaftlich bearbeitet werden. In der Arbeit sind die erzielten Ergebnisse systematisch zu entwickeln und zu erläutern. Sie wird in der Regel individuell und eigenständig durch die Studierenden bearbeitet, kann aber je nach Thema auch in Gruppen von bis zu drei Studierenden bearbeitet werden.
Leistungsnachweis
Es ist eine schriftliche Ausarbeitung zu erstellen und diese ist im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren. Die Präsentation findet als Vortrag von ca. 20-30 Minuten Dauer statt. Die Präsentation wird benotet und geht mit 1/15 (entsprechend 2 Leistungspunkte) in die Modulnote ein.
Verwendbarkeit
Die Anfertigung der Master-Arbeit bereitet auf eigenständige systematisch durchgeführte Arbeitsvorgänge in der beruflichen Tätigkeit oder der wissenschaftlichen Forschung vor.
Dauer und Häufigkeit
5 Monate

Modulname	Modulnummer
<b>Seminar studium plus, Training</b>	1008

Konto	Studium+ Master
-------	-----------------

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. Ina Ulrike Paul	Pflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Qualifikationsziele
<p><b>studium plus-Seminare:</b></p> <p>Die Studierenden erwerben personale, soziale oder methodische Kompetenzen, um das Studium als starke, mündige Persönlichkeit zu verlassen. Die studium plus-Seminare bereiten die Studierenden dadurch auf ihre Berufs- und Lebenswelt vor und ergänzen die im Studium erworbenen Fachkenntnisse.</p> <p>Durch die Vermittlung von Horizontwissen wird die eingeschränkte Perspektive des Fachstudiums erweitert. Dadurch lernen die Studierenden, das im Fachstudium erworbene Wissen in einem komplexen Zusammenhang einzuordnen und in Relation zu den anderen Wissenschaften zu sehen.</p> <p>Durch die exemplarische Auseinandersetzung mit gesellschaftsrelevanten Fragen erwerben die Studierenden die Kompetenz, diese kritisch zu bewerten, sich eine eigene Meinung zu bilden und diese engagiert zu vertreten. Das dabei erworbene Wissen hilft, Antworten auch auf andere gesellschaftsrelevante Fragestellungen zu finden.</p> <p>Durch die Steigerung der Partizipationsfähigkeit wird die mündige Teilhabe an sozialen, kulturellen und politischen Prozessen der modernen Gesellschaft gefördert.</p> <p><b>studium plus-Trainings:</b></p> <p>Die Studierenden erwerben personale, soziale und methodische Kompetenzen, um als Führungskräfte auch unter komplexen und teils widersprüchlichen Anforderungen handlungsfähig zu bleiben bzw. um ihre Handlungskompetenz wiederzuerlangen.</p> <p>Damit ergänzt das Trainingsangebot die im Rahmen des Studiums erworbenen Fachkenntnisse insofern, als diese fachlichen Kenntnisse von den Studierenden in einen berufspraktischen Kontext eingebettet werden können und Möglichkeiten zur Reflexion des eigenen Handelns angeboten werden.</p>
Inhalt
<b>Kurzbeschreibung:</b>



Die **Seminare** vermitteln Einblicke in aktuelle Themen und neue Wissensgebiete. Sie finden wöchentlich während an einem - mit der jeweiligen Fakultät vereinbarten - Wochentag in den sog. Blockzeiten oder auch am Wochenende statt, wobei den Studierenden die Wahl frei steht.

Die **Trainings** entsprechen den Trainings für Führungskräfte in modernen Unternehmen und finden immer am Wochenende statt.

### **Langbeschreibung:**

Die **studium plus-Seminare** bieten Lerninhalte, die Horizont- oder Orientierungswissen vermitteln bzw. die Partizipationsfähigkeit steigern. Sämtliche Inhalte sind auf den Erwerb personaler, sozialer oder methodischer Kompetenzen ausgerichtet. Sie bilden die Persönlichkeit und erhöhen die Beschäftigungsfähigkeit.

Bei der Vermittlung von Horizontwissen werden die Studierenden beispielsweise mit den Grundlagen anderer, fachfremder Wissenschaften vertraut gemacht, sie lernen Denkweisen und "Kulturen" der fachfremden Disziplinen kennen. Bei der Vermittlung von Orientierungswissen steigern die Studierenden ihr Reflexionsniveau, indem sie sich exemplarisch mit gesellschaftsrelevanten Themen auseinandersetzen. Bei der Vermittlung von Partizipationswissen steht der Einblick in verschiedene soziale und politische Prozesse im Vordergrund.

Einen detaillierten Überblick bietet das jeweils gültige Seminarangebot von *studium plus*, das von Trimester zu Trimester neu erstellt und den Erfordernissen der künftigen Berufswelt sowie der Interessenslage der Studierenden angepasst wird.

Die **studium plus-Trainings** bieten berufsrelevante und an den Themen der aktuellen Führungskräfteentwicklung von Organisationen und Unternehmen orientierte Lerninhalte.

Einen detaillierten und aktualisierten Überblick bietet das jeweils gültige Trainingsangebot von *studium plus*.

### **Leistungsnachweis**

#### **studium plus-Seminare:**

- In Seminaren werden Notenscheine erworben.
- Die Leistungsnachweise, durch die der Notenschein erworben werden kann, legt der/die Dozent/in in Absprache mit dem Zentralinstitut studium plus vor Beginn des Einschreibeverfahrens für das Seminar fest. Hierbei sind folgende wie auch weitere Formen sowie Mischformen möglich: Klausur, mündliche Prüfung, Hausarbeit, Referat, Projektbericht, Gruppenarbeit, Mitarbeit im Kurs etc. Bei Mischformen erhält der Studierende verbindliche Angaben darüber, mit welchem prozentualen Anteil die jeweilige Teilleistungen gewichtet werden.
- Der Erwerb des Scheins ist an die regelmäßige Anwesenheit im Seminar gekoppelt.
- Bei der während des Einschreibeverfahrens stattfindenden Auswahl der Seminare durch die Studierenden erhalten diese verbindliche Informationen über die Modalitäten des Scheinerwerbs für jedes angebotene Seminar.

#### **studium plus-Trainings:**

- Die Trainings sind unbenotet, die Zuerkennung der ECTS-Leistungspunkte ist aber an die Teilnahme an der gesamten Trainingszeit gekoppelt.

**Dieses Modul geht nur mit 3 ECTS-Punkten in die Gesamtnotenberechnung ein!**

#### Verwendbarkeit

Das Modul ist für sämtliche Masterstudiengänge gleichermaßen geeignet.

#### Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2mal 1 Trimester.

Das Modul findet statt im ersten Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester und im Herbsttrimester.

Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

# Übersicht des Studiengangs: Konten und Module

## Legende:

FT	= Fachtrimester des Moduls
PrFT	= frühestes Trimester, in dem die Modulprüfung erstmals abgelegt werden kann
Nr	= Konto- bzw. Modulnummer
Name	= Konto- bzw. Modulname
M-Verantw.	= Modulverantwortliche/r
ECTS	= Anzahl der Credit-Points

FT	PrFT	Nr	Name	M-Verantw.	ECTS
		<b>7</b>	<b>Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Electric Mobility &amp; Power- EIT 2023</b>		<b>30</b>
2	3	1237	Systeme der Leistungselektronik	T. Brückner	6
1	1	1239	Kraftwerks- und Netztechnik	T. Weyh	6
1	1	1240	Messtechnik und Sensorik	C. Kargel	5
1	1	1241	Automatisierungstechnik	C. Hillermeier	5
1	3	1242	Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik	D. Gerling	8
		<b>8</b>	<b>Pflichtmodule Vertiefungsrichtung: Mobile &amp; Space Communication - EIT 2023</b>		<b>30</b>
2	2	1244	Kommunikationstechnik II	A. Knopp	5
1	1	6050	Signalverarbeitung	A. Knopp	5
1	1	6051	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen	S. Lindenmeier	5
2	2	6052	Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme	W. Hansch	5
3	3	6053	Kanalcodierung	A. Knopp	5
3	4	6054	Digitale Bildverarbeitung	C. Kargel	5
		<b>9</b>	<b>Überkonto Wahlpflichtmodule der Vertiefungsrichtung: Electric Mobility &amp; Power Spezialisierung- EIT 2023</b>		<b>35</b>
3	3	1226	Praktikum: Elektrische Antriebe	D. Gerling	5
2	2	1227	Praktikum: Elektrische Maschinen	D. Gerling	5
		<b>9a</b>	<b>Wahlpflichtmodule Praktika Electric Power and Mobility - EIT 2023</b>		<b>10</b>
2	0	1280	Praktikum: Regelungstechnik	C. Hillermeier	5
1	0	1282	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	C. Kargel	5
2	2	1359	Praktikum: Leistungselektronik	T. Brückner	5
4		1461	Laborpraktikum I	J. Schein	5
5		1462	Laborpraktikum II	J. Schein	5
2	2	1493	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	M. Richter	5
4	3	1504	Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop	D. Gerling	5
1		2995	Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW	C. Kargel	5
3	3	6055	Praktikum Hochspannungstechnik	F. Heidler	5
		<b>9b</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Mobility- EIT 2023</b>		<b>15</b>
1	1	1223	FEM in der Antriebstechnik	D. Gerling	5
4		1446	Simulation leistungselektronischer Systeme	T. Brückner	5
2	2	6058	Regelung für energietechnische Systeme	C. Hillermeier	5
5	5	6066	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	J. Schein	5
		<b>9c</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Electric Power - EIT 2023</b>		<b>15</b>
3	3	1307	Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	T. Weyh	5

1	1	1369	Grundlagen der Blitzschutztechnik	F. Heidler	5
4		1446	Simulation leistungselektronischer Systeme	T. Brückner	5
2	2	6058	Regelung für energietechnische Systeme	C. Hillermeier	5
		<b>9d</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mint vernetzt - EIT 2023</b>		<b>30</b>
1	0	2997	MINT-ernetzt (EIT)	J. Schein	30
		<b>10</b>	<b>Überkonto Wahlpflichtmodule der Vertiefungsrichtung Mobile and Space Communication Spezialisierung- EIT 2023</b>		<b>35</b>
		<b>10a</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Transmission Security - EIT 2023</b>		<b>35</b>
2	2	2996	Mobilkommunikation und Radartechnik	S. Lindenmeier	5
1	1	3698	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen	L. Maurer	5
1	1	6059	Integrierte Schaltungen	L. Maurer	5
2	2	6060	Digitale Filter und Array Processing	A. Knopp	5
3	3	6061	Methoden der Künstlichen Intelligenz	G. Staude	5
3	3	6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	A. Knopp	5
4	4	6063	CAD und Wellenausbreitung	W. Pascher	5
		<b>10b</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mobile &amp; Space Communication- EIT 2023</b>		<b>35</b>
2	2	2996	Mobilkommunikation und Radartechnik	S. Lindenmeier	5
2	2	6060	Digitale Filter und Array Processing	A. Knopp	5
3	3	6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	A. Knopp	5
4	4	6063	CAD und Wellenausbreitung	W. Pascher	5
3	3	6065	Weltraumnutzung	A. Knopp	5
5	5	6066	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	J. Schein	5
1	1	6069	Inter- Satellite Communications	A. Knopp	5
		<b>10c</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Connected Life- EIT 2023</b>		<b>35</b>
1	1	1240	Messtechnik und Sensorik	C. Kargel	5
1	1	1846	Biomedizinische Informationstechnik 1	G. Staude	5
2	2	2996	Mobilkommunikation und Radartechnik	S. Lindenmeier	5
2	2	6060	Digitale Filter und Array Processing	A. Knopp	5
3	3	6061	Methoden der Künstlichen Intelligenz	G. Staude	5
3	3	6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	A. Knopp	5
3	3	6067	Biomedizinische Informationstechnik 2	G. Staude	5
		<b>10d</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Micro &amp; Nano Electronics (tbc)- EIT 2023</b>		<b>35</b>
2	2	1293	Schaltungssimulation	R. Pfeiffer	5
1	1	1846	Biomedizinische Informationstechnik 1	G. Staude	5
3	1	1899	Werkstoffe der Elektrotechnik	W. Hansch	5
1	1	3698	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen	L. Maurer	5
1	1	6059	Integrierte Schaltungen	L. Maurer	5
3	3	6067	Biomedizinische Informationstechnik 2	G. Staude	5
4	4	6068	Neuartige Bauelemente und deren Zuverlässigkeit	W. Hansch	5
		<b>10e</b>	<b>Wahlpflichtmodule Spezialisierung Mint vernetzt - EIT 2023</b>		<b>35</b>
1	0	2997	MINT-ernetzt (EIT)	J. Schein	30
3	3	6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	A. Knopp	5
		<b>11</b>	<b>Wahlpflichtmodule MINT- Fächer - EIT 2023</b>		<b>20</b>
1	1	1223	FEM in der Antriebstechnik	D. Gerling	5
4	0	1224	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik / Mechatronik	D. Gerling	5

3	3	1226	Praktikum: Elektrische Antriebe	D. Gerling	5
2	2	1227	Praktikum: Elektrische Maschinen	D. Gerling	5
2	0	1229	Auslandspraktikum I	M. Korb	5
2	0	1230	Auslandspraktikum II	M. Korb	5
2	3	1237	Systeme der Leistungselektronik	T. Brückner	6
1	1	1239	Kraftwerks- und Netztechnik	T. Weyh	6
1	1	1240	Messtechnik und Sensorik	C. Kargel	5
1	1	1241	Automatisierungstechnik	C. Hillermeier	5
1	3	1242	Antriebsregelung und Aktorik, EMV in der Energietechnik	D. Gerling	8
2	2	1244	Kommunikationstechnik II	A. Knopp	5
2	3	1278	Halbleiterproduktionstechnik	W. Hansch	7
2	3	1279	Nichtlineare Regelung	C. Hillermeier	5
2	0	1280	Praktikum: Regelungstechnik	C. Hillermeier	5
2	2	1281	Regelungstechnisches Seminar	C. Hillermeier	5
1	0	1282	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	C. Kargel	5
1	0	1286	Spezielle messtechnische Probleme	C. Kargel	5
3	3	1287	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme	A. Knopp	5
3	3	1290	Antennentechnik und EMV in der Kommunikationstechnik	S. Lindenmeier	5
2	2	1293	Schaltungssimulation	R. Pfeiffer	5
2	0	1294	Angewandte Lineare Algebra	M. Richter	5
3	3	1296	Praktikum: Plasmatechnik	J. Schein	5
3	3	1307	Sicherheit in der Energieversorgung und Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	T. Weyh	5
3	3	1308	Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt	W. Wolf	6
1	0	1326	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	W. Hansch	6
2	2	1359	Praktikum: Leistungselektronik	T. Brückner	5
1	1	1366	Explorative Statistik	R. Schmied	5
2	0	1368	Industriepraktikum	F. Heidler	5
1	1	1369	Grundlagen der Blitzschutztechnik	F. Heidler	5
4	4	1391	Numerik und Chaostheorie	J. Schein	5
5	5	1404	Mathematik der Information	S. Schäffler	5
4		1446	Simulation leistungselektronischer Systeme	T. Brückner	5
2	2	1457	Kryptologie	R. Schmied	5
4		1461	Laborpraktikum I	J. Schein	5
5		1462	Laborpraktikum II	J. Schein	5
4		1463	Flexible hybride Elektronik und Integration	R. Bose	5
3		1488	Halbleitersensoren und Mikrosysteme	C. Kutter	5
2	2	1493	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	M. Richter	5
4	3	1504	Praktikum: Simulink für Hardware in the Loop	D. Gerling	5
1	0	1508	Approximation von Funktionen	M. Richter	5
3	3	1831	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden	J. Schein	5
1	1	1846	Biomedizinische Informationstechnik 1	G. Staude	5
3		1876	Entwurf moderner Modem System-on-Chips	M. Korb	5
2	2	1898	Praktikum Halbleitertechnologie	W. Hansch	5
3	1	1899	Werkstoffe der Elektrotechnik	W. Hansch	5
2	2	2317	Quantencomputing für Ingenieure	M. Richter	5

3	3	2318	Lernende Algorithmen	R. Schmied	5
1	1	2489	Seminar über Logik	S. Schäffler	5
1		2801 (Univ)	Digitaler Schaltungsentwurf	M. Korb	5
2	2	2803	Grundlagen der Radartechnik	S. Lindenmeier	3
1		2995	Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW	C. Kargel	5
2	2	2996	Mobilkommunikation und Radartechnik	S. Lindenmeier	5
1	1	3442	Statistik für Ingenieure	R. Schmied	5
2		3684	MATLAB essentials	G. Staude	5
2	2	3685EIT	Microcontroller und Signalprozessoren – Rechnerarchitekturen im Vergleich	W. Wolf	5
1	1	3698	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen	L. Maurer	5
3	0	3825	Microcontroller und SPS im Vergleich - ein Studienprojekt	W. Wolf	5
3	3	3829	Mobilfunksysteme und Mustererkennung	A. Knopp	5
1	1	6050	Signalverarbeitung	A. Knopp	5
1	1	6051	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik und Antennen	S. Lindenmeier	5
2	2	6052	Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme	W. Hansch	5
3	3	6053	Kanalcodierung	A. Knopp	5
3	4	6054	Digitale Bildverarbeitung	C. Kargel	5
3	3	6055	Praktikum Hochspannungstechnik	F. Heidler	5
2	2	6058	Regelung für energietechnische Systeme	C. Hillermeier	5
1	1	6059	Integrierte Schaltungen	L. Maurer	5
2	2	6060	Digitale Filter und Array Processing	A. Knopp	5
3	3	6061	Methoden der Künstlichen Intelligenz	G. Staude	5
3	3	6062	Nachrichtentheorie und Übertragungssicherheit	A. Knopp	5
4	4	6063	CAD und Wellenausbreitung	W. Pascher	5
3	3	6065	Weltraumnutzung	A. Knopp	5
5	5	6066	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	J. Schein	5
3	3	6067	Biomedizinische Informationstechnik 2	G. Staude	5
4	4	6068	Neuartige Bauelemente und deren Zuverlässigkeit	W. Hansch	5
1	1	6069	Inter- Satellite Communications	A. Knopp	5
		<b>12</b>	<b>Masterarbeit - EIT 2023</b>		<b>30</b>
4		1233	Masterarbeit EIT	D. Gerling	30
		<b>99MA</b>	<b>Verpflichtendes Begleitstudium plus</b>		<b>5</b>
	0	1008	Seminar studium plus, Training	I. Paul	5

# Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen

## Legende:

FT	= Fachtrimester der Veranstaltung
Nr	= Veranstaltungsnummer
Name	= Veranstaltungsname
Art	= Veranstaltungsart
P/Wp	= Pflicht / Wahlpflicht
TWS	= Trimesterwochenstunden

FT	Nr	Name	Art	P/Wp	TWS
	12241	Projektseminar Elektrische Antriebstechnik/Mechatronik	Seminar	Pf	5
	12801	Praktikum: Regelungstechnik	Praktikum	WPf	5
	12821	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	Seminar	Pf	,
	12861	Spezielle messtechnische Probleme	Oberseminar	Pf	5
	12941	Angewandte Lineare Algebra	Vorlesung/Übung	Pf	6
	13261	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	Seminar	Pf	,
	14461	Simulation leistungselektronischer Systeme	Seminar	Pf	4
	14631	Flexible hybride Elektronik und Integration	Vorlesung/ Übung/Praktikum	Pf	5
	14881	Halbleitersensoren und Mikrosysteme	Vorlesung/Übung	Pf	5
	15081	Approximation von Funktionen	Vorlesung/Übung	Pf	6
	18761	Entwurf moderner Modem System-on-Chips	Vorlesung/Übung	Pf	5
	28011	Digitaler Schaltungsentwurf	Vorlesung/Übung	Pf	5
	29971	Projekt/Forschungsarbeit	Projekt	Pf	15
	29972	Module/Veranstaltungen aus MINT/WOW	Vorlesung/ Übung/Praktikum	Pf	15
	36831	Praxisanwendungen mit MATLAB und LabVIEW	Oberseminar	Pf	5
	36841	MATLAB essentials	Seminar	Pf	4
	38251	Grundlagen zu den Prozessrechner-Einheiten „Mikrocontroller“ und „Speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS)	Vorlesung	Pf	1
	38252	Studienprojekt Mikrocontroller	Studienprojekt	Pf	,
	38253	Studienprojekt SPS	Studienprojekt	Pf	,
1	12231	FEM in der Antriebstechnik I (Theorie)	Vorlesung	Pf	2
1	12232	FEM in der Antriebstechnik II (Anwendungen)	Übung	Pf	3
1	12391	Kraftwerkstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	12392	Netztechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	12401	Messtechnik und Sensorik	Vorlesung/Übung	Pf	6
1	12411	Automatisierungstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	12421	Antriebsregelung und Aktorik I	Vorlesung/Übung	Pf	2
1	12451	Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	12461	Integrierte Schaltungen	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	12501	Zuverlässigkeit elektronischer Schaltungen	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	13661	Explorative Statistik	Vorlesung/Übung	Pf	4
1	13691	Grundlagen der Blitzschutztechnik	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	18461	Biosignal-Messtechnik	Vorlesung/Praktikum	Pf	3
1	18464	Konzepte von Fahrerassistenzsystemen	Vorlesung	Pf	2

1	18991	Werkstoffe der Elektrotechnik	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	24891	Seminar über Logik	Seminar	Pf	,
1	34421	Statistik für Ingenieure Vorlesung	Vorlesung/Übung	WPf	4
1	34451	Optische Freiraumübertragung	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	60501	Signalverarbeitung	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	60511	Praktikum: Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik	Praktikum	Pf	2
1	60691	Parameterschätzung für Kommunikationssysteme	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	12271	Praktikum Elektrische Maschinen	Praktikum	WPf	5
2	12371	Systeme der Leistungselektronik I	Vorlesung/Übung	Pf	4
2	12422	Antriebsregelung und Aktorik II	Vorlesung/Übung	Pf	4
2	12441	Kommunikationstechnik II	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	12471	Grundlagen der Halbleitertechnologie	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	12472	Mikrosystemtechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	12781	Halbleiterproduktionstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	12791	Nichtlineare Regelung	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	12811	Regelungstechnisches Seminar	Seminar	Pf	,
2	12931	Schaltungssimulation	Vorlesung/Übung	WPf	2
2	12932	Schaltungssimulation	Praktikum	WPf	3
2	13591	Praktikum: Leistungselektronik	Praktikum	Pf	,
2	14571	Kryptologie	Vorlesung/Übung	Pf	4
2	14931	Praktikum: Numerische Simulation in der Technik	Praktikum	Pf	4
2	18981	Praktikum Halbleitertechnologie	Praktikum	Pf	150
2	23171	Quantencomputing für Ingenieure	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	28031	Grundlagen der Radartechnik	Vorlesung/Übung	Pf	2,5
2	36851	Rechnerarchitekturen und ihre Realisierung für die PDV	Vorlesung	Pf	1
2	36852	Studienprojekt Microcontroller	Studienprojekt	Pf	2
2	36853	Studienprojekt Signalprozessor	Studienprojekt	Pf	2
2	60581	Regelung für energietechnische Systeme	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	60601	Digitale Filter	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	60602	Array Processing	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	60641	Aktuelle Systeme der Mobilkommunikation	Vorlesung/Übung	Pf	2,5
3	12261	Praktikum Elektrische Antriebe	Praktikum	WPf	5
3	12372	Systeme der Leistungselektronik II	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	12423	EMV in der Energietechnik	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	12521	Digitale Bildverarbeitung	Vorlesung	Pf	4
3	12532	Übertragungssicherheit	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	12782	Halbleiterproduktionstechnik	Praktikum	Pf	4
3	12792	Nichtlineare Regelung	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	12871	Praktikum: Nachrichtentechnische Systeme	Praktikum	Pf	5
3	12901	Antennentechnik	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	12902	EMV in der Kommunikationstechnik	Vorlesung/Übung	Pf	2
3	12961	Praktikum: Plasmatechnik	Praktikum	Pf	,
3	13071	Sicherheit in der Energieversorgung	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	13072	Gleichspannungsübertragungssysteme in der Energietechnik	Vorlesung/Übung	WPf	2
3	13081	Microcontroller und Speicherprogrammierbare Steuerungen	Vorlesung	Pf	0,5
3	13082	Microcontroller und Speicherprogrammierbare Steuerungen	Studienprojekt	Pf	,



3	13083	Studienprojekt Microcontroller vs SPS	Studienprojekt	Pf	,
3	13811	Nachrichten- und Informationstheorie	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	15041	Simulink für Hardware in the Loop (HiL) Prüfstände	Praktikum	Pf	,
3	18311	Modellierung von Plasma und verdünnten Fluiden	Vorlesung/ Übung/Praktikum	Pf	4
3	18462	Biosignalverarbeitung	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	18463	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Vorlesung	Pf	2
3	23181	Lernende Algorithmen	Vorlesung/Übung	Pf	4
3	38291	Mobile digitale Funksysteme und -netze	Vorlesung	Pf	2
3	38292	Mustererkennung in der Sprach- und Bildverarbeitung	Vorlesung	Pf	2
3	60531	Kanalcodierung	Vorlesung/Übung	Pf	5
3	60551	Praktikum Hochspannungstechnik	Praktikum	Pf	,
3	60611	Wissensbasierte Systeme	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	60612	Künstliche Intelligenz - Theorie und Praxis	Vorlesung	Pf	2
3	60651	Satellitennavigation	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	60652	High-Throughput-Satellites: Technologien und Applikationen	Vorlesung/Übung	Pf	2
4	12522	Digitale Bildverarbeitung	Übung	Pf	2
4	12541	Advanced MOSFETs and Novel Devices	Vorlesung/Übung	Pf	3
4	12542	Zuverlässigkeit in der Halbleitertechnologie	Vorlesung/Übung	Pf	3
4	13911	Numerik	Vorlesung/Übung	Pf	3
4	13912	Chaostheorie	Vorlesung/Übung	Pf	2
4	60631	Numerische Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder	Vorlesung/Übung	Pf	3
4	60632	Antennenberechnung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	Vorlesung/Übung	Pf	3
5	14041	Mathematik der Information	Vorlesung/Übung	Pf	4
5	60661	Elektrische Antriebe für die Satellitentechnik	Vorlesung/ Übung/Praktikum	Pf	5

