

## Modul **Antennen - (ANT)**

*Grundlagen von Antennen, Gruppenantennen, Entwurf und Vermessung von Antennen*

**Professor** Prof. Dr.-Ing. Karin Schuler  
**Version** 26.11.2018 (SHK)

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB),  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische  
Informatik (TIM)

**Semester** Ab Semester 6 der Bachelor-Studiengänge, ab Semester 1 der Master-  
**Einstufung** Studiengänge  
**Umfang** Wahlfach  
4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** Vorlesung (4SWS): 75% Vorlesung und 25% Labor,  
**Medien** Tafelanschrieb, Skript, Projektion  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Wintersemester

### Inhalt

#### Vorlesung:

- Begriffe und Definitionen:
  - Gewinn, Anpassung, Richtcharakteristik, Halbwertsbreite, Bandbreite
  - Nahfeld, Fernfeld
  - Polarisation
- Antennentypen:
  - Dipol-Antenne
  - Patch-Antenne
  - Hohlleiter und Hornstrahler
  - Reflektorantennen
  - Breitband-Antennen
- Gruppenantennen:
  - Lineare Anordnungen
  - Flächige Anordnungen,
  - Mathematische Berechnung des Gruppenfaktors (Matlab),

Grating-Lobes und Gewinn bei Gruppenantennen

- Amplitudenbelegungsfunktionen
- Strahlformungstechniken:
  - Monopuls-Verfahren
  - Phasengesteuerte Antennen
  - Digital Beamforming

**Labor: Entwicklung eines Mikrostreifen-Patch-Antennenarrays**

- Simulation eines Einzel-Patches
- Entwicklung eines Verteilnetzwerks ohne/mit Amplitudenbelegung
- Simulation eines Patch-Antennenarrays
- Messtechnische Untersuchung der Antenne: Anpassung, Richtdiagramm, Gewinn

---

**Voraussetzungen**    Hochfrequenztechnik 1

---

**Lernziele**

**Allgemein:**

Die Hörer lernen die Grundlagen von Antennentechnik, -entwicklung und -messung kennen. Die Hörer lernen Antennentypen hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu bewerten und im Hinblick auf verschiedene Anwendungsfelder zu vergleichen.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

ANT vertieft die Inhalte von HF1 und macht die allgemeinen Begriffe wie Streuparameter und Pegelrechnung in der Hochfrequenztechnik anschaulicher. Zentrale Themen aus HF1 wie Wellenwiderstand und Impedanzanpassung fließen im Labor bei der Antennenentwicklung in die praktische Umsetzung mit ein.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

Die erworbenen fachlichen Kompetenzen versetzen die Studierenden in die Lage, HF-Simulationssoftware (Agilent Advanced Design System) zu benutzen und Mikrostreifenleitungsstrukturen zu entwickeln. Darüber hinaus wird der Umgang mit den typischen Messgeräten der Hochfrequenztechnik (Netzwerkanalysatoren, Generatoren und Spektralanalysatoren) geübt.

**Berufsvorbereitung:**

Im Labor wird der Entwicklungszyklus einer Antenne ausgehend von

Spezifikation über Konzeptausarbeitung, Simulation und Messung durchlaufen, so wie er in der Praxis bei beliebigen Entwicklungsarbeiten Anwendung findet.

**Literatur**

*F. Gustrau: Hochfrequenztechnik; Hanser*

*H. Meinke, F. W. Gundlach: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik; Springer*

*A. Balanis: Antenna Theory, Analysis and Design, Wiley*

*R. C. Johnson: Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

-

**studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 47h, Präsenzlabor 15 h, Vorlesungsnachbereitung 44h,  
Laborarbeit 44h,

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung  
Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Laborbericht → 25 % der Fachnote  
schriftliche Klausur über 90 Minuten → 75 % der Fachnote  
Laborbericht

## Modul Betriebswirtschaftslehre - (BL)

<b>Dozent</b>	Diplom - Wirtschaftsingenieur (FH) Diplom – Betriebswirt (BA) Roger Pfaff
<b>Version</b>	03.11.2016
<b>Studiengang</b>	Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)
<b>Semester</b>	-
<b>Einstufung</b>	Wahlfach, Themenübergreifende Inhalte
<b>Umfang</b>	4 SWS / 5 CR
<b>Lehrformen</b>	Ca. 90% Vorlesung und 10% Praxisbeispiele bzw. Klärung von Fragen und Behandlung aktueller Themen - diese sind ebenso prüfungsrelevant
<b>Medien</b>	Projektion, Vorlesungsskripte, Kontrollfragenkataloge
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Turnus</b>	Winter- und Sommersemester
<b>Inhalt</b>	<p>Gegenstand der Vorlesung sind die Grundbegriffe, Theorien und die klassischen Aufgabenstellungen der Betriebswirtschaftslehre. Die Vorlesung gliedert sich daher in die klassischen Aufgabenbereiche der BWL:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen der BWL</li><li>• Bestimmungsfaktoren der Unternehmung</li><li>• Planung und Organisation</li><li>• Materialwirtschaft</li><li>• Produktionswirtschaft</li><li>• Qualitätsmanagement</li><li>• Absatzwirtschaft (inklusive Marketing)</li><li>• Finanz- und Rechnungswesen</li><li>• Personalwesen</li></ul>
<b>Voraussetzungen</b>	Keine
<b>Lernziele</b>	Ausgehend von den Grundkenntnissen der Teilnehmer aus Schule/ Ausbildung/ Praktikum sollen die Studierenden die Grundlagen wirtschaftlichen und unternehmerischen Handelns und den

Zusammenhang zwischen den betriebswirtschaftlichen Funktionsbereichen kennen lernen. Durch praktische Beispiele und die Erörterung aktueller Themen erhalten die Teilnehmer Einblick in spezifische Aufgaben und Problemstellungen der BWL. Die Studierenden erhalten Skripte und dazu Aufgaben, die die Vermittlung kaufmännischer Grundlagen und die Bearbeitung typischer grundlegender Aufgabenstellungen in Unternehmen zum Ziel haben.

Die Lernziele im Einzelnen sind:

- Verständnis der Zusammenhänge der Betriebswirtschaftslehre und Kenntnisse über unternehmerische Ziele (Umsatz, Gewinn, Rentabilität)
- Kenntnisse über die wesentlichen Unternehmensprozesse von der Entwicklung über Beschaffung über Produktion zum Vertrieb
- Kenntnis des Finanz- und Rechnungswesen, insbesondere Kosten, Erträge, Gewinnschwelle, Gesetz der Massenproduktion / Stückkosten, Grundlagen von Investition und Finanzierung
- Überblick über die wesentlichen Elemente der Organisation, Kenntnisse des Marketings und Personalwesens
- Grundlegende Fähigkeit kaufmännisch und kostenbewusst zu denken und zu handeln

#### Literatur

- Bea, F.X. (Hrsg.): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*
- Bitz, M. u.a. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre*
- Gisbert Groh Volker Schröer Sicher zur Industriekaufrau / zum Industriekaufmann.*
- Heinen, E.(Hrsg.): Industriebetriebslehre*
- Hopfenbeck, Waldemar: Allg. Betriebswirtschafts- und Managementlehre*
- Hugentobler, W. / Schaufelbühl, K. / Blattner, M.: Betriebswirtschaftslehre für Bachelor*
- Jung, H.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, München*
- Olfert, Rahn: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Kiehl Verlag*
- Schierenbeck, H.: Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre*
- Schmalen: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaftslehre*
- Schneck Ottmar Lexikon der Betriebswirtschaft DTV-Beck*
- Steven: BWL für Ingenieure, Oldenbourg*

*Thommen, Achleitner: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Gabler  
Vahs, D. / Schäfer, Kunz, J.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre  
Wöhe, G. u.a.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Keine

**studentischer  
Arbeitsaufwand**

Vorlesung 60 h  
Vorlesungsvor- und nachbereitung ca. 48 h  
Klausurvorbereitung ca. 40 h  
Klausur 2 h

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung  
Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Keine  
Schriftliche Klausur über 90 Minuten  
Keine

## Modul *Bildverarbeitung und Mustererkennung - (BMU)*

*Digitale Bildverarbeitung und Mustererkennung in der Medizintechnik, der Astronomie und Automatisierungstechnik*

**Dozenten  
Version**

Prof. Dr.-Ing. Wei Yap Tan  
23.11.2022

**Studiengang  
Semester  
Einstufung  
Umfang**

Technische Informatik (TIB)  
- / 6 TIB Stupo vor WS22/23,  
Wahlfach / Pflichtfach Stupo vor WS22/23,  
4 SWS / 5 CR

**Lehrformen  
Medien  
Sprache  
Turnus**

50% Vorlesung, 50% Labor (MATLAB)  
Tafelanschrieb, Projektion, Skript mit Übungsaufgaben und  
Laboranleitung  
Deutsch  
Winter- und Sommersemester

**Inhalt**

Die Vorlesung Bildverarbeitung und Mustererkennung (BMU) behandelt die grundlegenden Techniken in der Bildverarbeitung und Objektklassifizierung mithilfe der Klassifikatoren und maschinellen Lernens.

Zum Thema Bildverarbeitung gehören die lineare und nichtlineare Bildverarbeitungsoperatoren, Filter, Techniken zur Bildverbesserung.

Im Weiteren werden Verfahren zur Segmentierung von Objekten oder zur Trennung des Vordergrunds vom Hintergrund diskutiert.

Für die automatische Detektion von Schlüsselpunkten (Merkmale) im Bild werden Verfahren wie Scale-Invariant Feature Transforms (SIFT) und Speed Up Robust Features (SURF) vorgestellt.

Außerdem werden moderne Möglichkeiten der semantischen Segmentierung mithilfe Deep-Learning Ansätze und die Objektklassifizierung mit ML-Verfahren präsentiert.

**Voraussetzungen**

Grundlagen der Signal- und Systemtheorie (SS) sowie der digitalen Signalverarbeitung (DSV) sind hilfreich aber nicht zwingend nötig

**Lernziele**

**Allgemein:**

Studierende lernen die grundlegenden Techniken in der Bildverarbeitung sowie die modernen Verfahren der Mustererkennung

mittels maschinellen Lernens kennen. In Laboraufgaben setzen die Studierende die gelernten Kenntnisse in Anwendungsnahen Beispielen um.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

Das Modul vertieft die erworbenen Kenntnisse in SS und DSV.

**Berufsvorbereitung:**

Die Bildverarbeitung und Mustererkennung sind wichtige und aktuelle Themen in der Automobilindustrie und Robotik. Mit der erworbenen theoretischen und praktischen Erfahrung in diesem Modul sind die Studierende in der Lage Bildverarbeitungsaufgaben zu lösen.

**Literatur**

*K. D. Tönnies: Grundlagen der Bildverarbeitung, Pearson Studium (2005)*

*B. Wirnitzer: Bildverarbeitung und Mustererkennung, Skript (2011);*

*R.C. Gonzalez, R.E. Woods: Digital Image Processing, Prentice Hall (2010):*

*B. Jähne: Digitale Bildverarbeitung, Springer, Heidelberg (2005)*

*D. Pratt: Digital Image Processing, John Wiley, New York (2001)*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

MATLAB-Laborarbeitsplätze, BV- Entwicklungsplätze des DS-Instituts

**studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzvorlesung 32 h, Präsenzlabor 30 h,  
Übungsvor- und Nachbereitungen 88 h (je nach Vorkenntnissen)

**Prüfungsleistung**

Klausur 90 min



## Modul *Codierung von Sprache, Audio und Video - (CAV)*

*Quellencodierung audio-visueller Signale*

<b>Dozent</b>	Prof. Dr.-Ing. Stefan Feldes
<b>Version</b>	19.03.2021
<b>Studiengang</b>	Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB) Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)
<b>Semester</b>	-
<b>Einstufung</b>	Wahlmodul
<b>Umfang</b>	4 SWS / 5 CR
<b>Lehrformen</b>	75% Vorlesung, 25% Übungen und Matlab-Laborübungen (in Zweier-Gruppen)
<b>Medien</b>	Projektion, Tablet mit Stifteingabe, Vorlesungsunterlagen, Audio- und Video-Demos, Aufgaben- und Fragensammlung
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Turnus</b>	Sommersemester
<b>Inhalt</b>	<p><b>Einführung</b> Redundanz &amp; Irrelevanz, Verfahren zu Qualitätsbewertung, Stochastische Prozesse</p> <p><b>Quantisierung</b> gleichförmige Quantisierung, Kompondierung, Lloyd-Max-Quantisierer, Vorwärts-/ rückwärtsadaptive Quantisierung, Vektorquantisierung, Codebuchdesign nach Linde-Buzo-Gray, K-Means-Clustering</p> <p><b>Prädiktion</b> Prinzip der prädiktiven Codierung, Prädiktionsgewinn, Adaptive Prädiktion, Block- &amp; LMS-Adaption, Open-Loop / Closed-loop, Rauschformung</p> <p><b>Verlustlose Codierung</b> Entropiebegriff, Decodierbarkeit, gedächtnislose und gedächtnisbehaftete Quellen, Shannon Quellencodiertheorem, Huffman-Codierung, Arithmetische Codierung, Lempel-Ziv-Welch, Lauflängencodierung</p> <p><b>Sprachcodierung</b> Funktionsweise der Spracherzeugung, Quelle-Filter-Modell, Vocoder, Linear Predictive Coding, Long Term Prediction, Analyse-durch-</p>

Synthese, CELP, Variable-Bitrate & Embedded Coding,  
Softbitdecoding, Standards: GSM, UMTS, ITU G.7xx

**Audiocodierung**

Eigenschaften & Funktionsweise des Ohres; Perzeptions-modelle,  
Verdeckung; Subband- und Transformationscodierung; MDCT, QMF-  
Filterbänke; Spectral Band Replication; Standards: MP3, AAC, HE-AAC

**Bild- und Videocodierung**

Eigenschaften & Funktionsweise des Auges; 2D-DCT, Wavelet-  
Transformation, Bewegungskompensierte Prädiktion,  
Bewegungsschätzung, Blockmatching; Variable Length Coding,  
Standards: JPEG(2000), MPEG-4, AVC, HEVC

**Voraussetzungen**

Sicherer Umgang mit diskreten Signalen im Zeit- und Frequenzbereich  
Funktion und Aufbau digitaler Filter  
Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Stochastik, z.B.  
Korrelationsfunktion, Leistungsdichtespektrum  
Empfehlenswert sind Grundkenntnisse zum Aufbau von  
Kommunikationssystemen und zur Informationstheorie

**Lernziele**

**Allgemein:**

Die Teilnehmer sollen die grundlegenden Verfahren zur Kompression  
von audio-visuellen Signalen und Sprachsignalen verstehen, bewerten  
und anwenden können. In der Herleitung der Verfahren soll den  
Teilnehmern die Vernetzung von bereits bekanntem Wissen über  
digitale Signale und Systeme in den neuen Kontext der datenraten-  
reduzierenden Codierung sowie mit informations-theoretischen  
Grundlagen deutlich werden. Darüber hinaus soll auch die Fähigkeit  
gefördert werden, sich, wie hier erforderlich, mit interdisziplinären  
Fragestellungen, wie bspw. den Eigenschaften der menschlichen  
visuellen und akustischen Wahrnehmung auseinanderzusetzen.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

Die Basis für CAV bilden Grundlagen aus Modulen wie Signale und  
Systeme, Digitale Signalverarbeitung, sowie Mathematik 3 bzgl.  
Stochastik. CAV vertieft und erweitert Grundkonzepte der  
Quellencodierung aus KOM. Die Kenntnisse von CAV wiederum  
werden durch die Module MOB und COM ergänzt, so dass ein  
vollständiges Bild der Prinzipien der digitalen Signalübertragung  
vermittelt wird. Durch die Kombination mit Modulen wie BMU und PML  
wird das weite Feld der fortgeschrittenen Signalverarbeitung bis hin  
zum Maschinellen Lernen erschlossen.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

Die Teilnehmer erhalten ein prinzipielles Verständnis zur Einordnung

und Vorgehensweise bei Aufgabenstellungen zur Quellencodierung von audio-visuellen Signalen, insb. in der Mobilkommunikation und bei IP-basiertem Multimedia. Die typischen mathematisch-methodischen Herangehensweisen aus dem Bereich der Informations- und Codierungstheorie werden eingeübt. Das Erkennen der algorithmischen Grundprinzipien und die Fähigkeit zur Übertragung in andere Anwendungsbereiche werden gefördert.

**Berufsvorbereitung:**

Auf Basis eines vertieften algorithmischen Verständnisses der Kompressionsverfahren können die Teilnehmer an einer ressourcen-effizienten Signalübertragung in etablierten und zukünftigen mobilen vernetzten Systemen mitarbeiten. Das Herausstellen der grundlegenden Prinzipien befähigt darüber hinaus zum Transfer der Techniken in andere Anwendungsgebiete. Generell wird die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Arbeiten gestärkt. Schließlich wird auch die Basis zum selbständigen Weiterlernen im Beruf (bspw. zur Einarbeitung in relevante Standards) gelegt.

<b>Literatur</b>	<p><i>Feldes: Vorlesungsunterlagen CAV, <a href="https://moodle.hs-mannheim.de">https://moodle.hs-mannheim.de</a></i></p> <p><i>Vary, Martin: Digital Speech Transmission, Wiley, 2007</i></p> <p><i>Spanias, Painter, Atti: Audio Signal Processing and Coding, Wiley, 2007</i></p> <p><i>Ohm: Digitale Bildcodierung, Springer-Verlag, 2016</i></p> <p><i>Strutz: Bilddatenkompression, Vieweg-Verlag, 2017</i></p> <p><i>Werner: Information und Codierung, Vieweg-Verlag, 2009</i></p> <p><i>Hänsler: Statistische Signale, Springer-Verlag, 2001</i></p>
------------------	---

<b>Hilfsmittel (Software, etc.)</b>	Matlab-Laborarbeitsplätze des Instituts DS
-------------------------------------	--

<b>Studentischer Arbeitsaufwand</b>	Präsenz Vorlesung & Labor 62 h, Vorlesungsnachbereitung 48 h, Hausübungen 30 h, Laborvor- und -nachbereitung 10h
-------------------------------------	--

<b>Studienleistungen Prüfungsleistung Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine Schriftliche Klausur über 120 Minuten Keine
---	---

## Modul *Concurrent Programming - (COP)*

**Dozent** Prof. Dr. Peter Barth  
**Version** 24.7.2021

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB),  
Technische Informatik (TIB)

Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM)

**Einstufung** Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 40% Vorlesung, 60% Übungen und Projektarbeit  
**Medien** Folien-Präsentation, Tafelanschrieb, Skript/Folien, Literatur, Live-  
Coding, Versionskontrollsysteme, Online-Beispiele  
**Sprache** Deutsch (Folien englisch, bei Bedarf englisch)  
**Turnus**

**Inhalt**

- Grundlagen: Thread-API, kritische Bereiche, Synchronisation
- Unveränderbare Objekte, threadsichere Klassen, Composition
- Sichere Container, Iteration, Sperrgranularität
- Explizite Sperren, Futures, Barriers, Sperrpriorisierung, Fairness
- Ausführung von Tasks, Thread Pools, Fork/Join, Work Stealing
- Blockieren, Unterbrechen, Abbruch und Beenden
- Vermeiden von Verklemmung und Fortschrittsbehinderung
- Nichtblockierende Synchronisation und Nichtblockierende IO
- Testen von nebenläufigen Anwendungen, Performance-Messungen
- Active Objects, Actor-Prinzip

**Voraussetzungen** Programmierkenntnisse

**Lernziele**

- Phänomene der Nebenläufigkeit zu erkennen, testen und vermeiden
- Nebenläufigkeit für Lösung algorithmischer Probleme richtig einsetzen
- Patterns der Programmierung mit Nebenläufigkeit problemadäquat einsetzen

Die erworbenen Fähigkeiten erlauben es, korrekte und effiziente nebenläufige Anwendungen zu realisieren, die rechenintensive und IO-lastige Anwendungen auch über mehrere Prozessorkerne oder gar mehrere Computer skalieren.

**Literatur** *Doug Lea: Concurrent Programming in Java, Addison Wesley, 2000*  
*Brian Goetz, et al.: Java Concurrency in Practice, Addison Wesley,*

2006

*Michael Raynal: Concurrent Programming: Algorithms, Principles, and Foundations, Springer, 2012*

*Douglas Schmidt, et al.: Pattern-oriented Software Architecture Volume 2, Patterns for Concurrent and Networked Objects, Wiley, 2000*

---

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Java SDK, Eclipse, git, Akka, themenspezifische Bibliotheken

---

**Studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 30 h, Vorlesungsnachbereitung 40 h,  
Praktikumsaufgaben 80 h

---

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung  
Zulassungsvor-  
aussetzungen**

keine  
Mündliche Prüfung / Fachgespräch (100%)  
solide Programmierkenntnisse in einer Hochsprache

## Modul *Data Science - (DAT)*

<b>Dozent</b>	Prof. Dr. J. Neff
<b>Version</b>	19.08.2021
<b>Studiengang</b>	Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB) Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)
<b>Einstufung</b>	Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul
<b>Umfang</b>	4 SWS / 5 CR
<b>Lehrformen</b>	50% Vorlesung, 50% Laborpraktikum
<b>Medien</b>	Projektion, Tafelanschrieb, Übungsaufgaben, Laboranleitungen
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Turnus</b>	Wintersemester
<b>Inhalt</b>	<p>Vorlesung:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Daten aufnehmen, darstellen und beschreiben</b> Deskriptive Statistik, Messunsicherheiten, explorative Datenanalyse</li><li>• <b>Aus Daten Schlüsse ziehen</b> Schließende Statistik (klassische und simulationsbasierte Verfahren), Statistische Kennzahlen, Anwendungsbeispiele aus Prozessoptimierung und Qualitätskontrolle in Medizin und Industrie</li><li>• <b>Anhand von Daten Vorhersagen treffen</b> Grundlagen des Modellierens (Modellwahl, Modellgüte), Statistische Modelle (Lineare und nicht-lineare Regression), Ausblick auf Algorithmen des maschinellen Lernens</li></ul> <p><b>Labore/Übungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Datenaufnahme und Bestimmung von Messunsicherheiten</li><li>• Prozessdatenaufnahme: Konfidenzintervalle, Regelkarten</li><li>• Statistische Tests</li><li>• Versuchsplanung, Varianzanalyse, Messsystemanalyse</li><li>• Aufnahme und Analyse multivariater Daten (Korrelation, Regression)</li><li>• Datenanalyse-Projekt</li></ul>

**Voraussetzungen** Grundkenntnisse in Statistik (Bachelor-Studierende: MA3)

**Lernziele**

**Allgemein:**

Die Vorlesung vermittelt ein grundlegendes Verständnis zum Umgang mit Daten. Dabei wird der komplette Weg beleuchtet, von der Idee über die Datenaufnahme und Datenanalyse bis zur Entscheidung oder Vorhersage. Alle Bereiche werden dabei auch praktisch angewendet.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

Die Vorlesung baut auf statistischen Grundlagen auf wie sie z.B. in MA3 gelehrt werden. Der Fokus liegt hier jedoch weniger auf mathematischen oder programmiertechnischen Details als auf einem Methodenverständnis, das durch vielfältige Anwendungen vertieft wird. Die Vorlesung ergänzt speziellere Vorlesungen wie Machine Learning, Deep Learning oder Qualitäts- und Projektmanagement und auch Lehrveranstaltungen mit Aufgaben aus der Messtechnik.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

- Explorative Datenanalyse
- Konzeption, Durchführung und Auswertung von Experimenten
- Analyse von Messunsicherheiten
- Auswahl und Durchführung statistischer Tests
- Aufnahme und Analyse von Prozessdaten
- Grundlagen der Modellbildung

**Berufsvorbereitung:**

In Industrie, Medizin und Forschung werden heute enorme Mengen an Daten erzeugt und gesammelt. In dieser Lehrveranstaltung werden die Teilnehmenden an einen kritischen Umgang mit Daten herangeführt. In praktischen Übungen wird der komplette Weg der Datenanalyse geübt, von der Konzeption der Messung über Datenaufnahme, Analyse der Messdaten incl. ihrer Unsicherheiten bis hin zu Bewertung oder Vorhersage. Dabei kommen neben den statistischen Kennwerten auch gängige Kennzahlen und Methoden der Prozessentwicklung und Qualitätskontrolle zum Einsatz. An Beispielen aus Halbleiterindustrie, Medizin und Data Science Projekten üben die Teilnehmenden den Transfer auf verschiedene Anwendungsgebiete und die Einordnung ihrer Analyse.

**Literatur** *Vorlesungsunterlagen*

*P. Möhrke, B.-U. Runge: Arbeiten mit Messdaten; Springer*  
*S. Sauer: Moderne Datenanalyse mit R; Springer*  
*P. Bruce et al.: Praktische Statistik für Data Scientists, O'Reilly*  
*L. Sachs, J. Hedderich: Angewandte Statistik; Springer*  
*T. Hastie et al.: The Elements of Statistical Learning; Springer*  
*J. Leek: The Elements of Data Analytic Style; ebook*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Matlab, Python oder R

**Studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 60h, Vorlesungsnachbereitung 30h, Vor- und Nachbereitung von Übungen und Laboren 60h

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung**

Keine  
Laborberichte/Projekt 50% der Fachnote  
Schriftliche Klausur über 60 Minuten 50% der Fachnote

**Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Keine



## Modul *Einführung in Deep Learning Methoden - (DLM)*

**Dozent** Prof. Dr. Vetter  
**Version** 18.07.2019

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)

**Semester** 4 und folgende  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 50%Vorlesung, Übungen und Laborübungen 50%  
**Medien** Folien-Präsentation, Tafelanschrieb, Skript/Folien, Literatur  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Sommersemester

**Inhalt**

**Einführung:**  
Grundlagen des maschinellen Lernens sowie Deep Learning Methoden.

**Lernkonzepte des maschinellen Lernens:**  
Überwacht, unüberwacht und verstärkend sowie Problemstellung  
Klassifikation, Regression und Generation.

**Bewertung von Machine-Learning-Modellen:**  
Trainings, Validierungs- und Testmengen.

**Numerische Grundlagen:**  
Backpropagation, Loss Function, Activations, Optimization,  
Regularisierung, Initialisierung von Netzen und Hyperparametern.

**Methoden:**  
Konzept von Convolutional Neural Network (CNN), Pooling, Dropout-Verfahren und Architekturen aktueller Netze. Konzepte von Textanalysen und Sequenziellen Netzen, One-hot-Codierung, rekurrente Netze wie z.B. LSTM und GRU und Generative Deep Learning.

**Best-Practice:**  
Datenvorverarbeitung, Data Augmentation, bewährte Vorgehensweisen bei neuen Aufgabenstellungen, neue Architekturen und Model-Assembly.

**Voraussetzungen** Programmiersprache Python

## Lernziele

### Allgemein:

Die Vorlesung ermöglicht den Studierenden einen praxisorientierten Einstieg in das Gebiet des maschinellen Lernens mit tiefen neuronalen Netzen wie Convolutional Neural Networks (CNN) und Recurrent Neural Networks (RNN). Es werden die theoretischen Grundlagen für das Verständnis sowie die Konzeption von tiefen, mehrschichtigen Netzen gelegt. Am Fallbeispiel der Segmentierung und Klassifikation von z.B. diagnostisch medizinischen Bilddaten werden grundlegende Prinzipien der „automatischen feature extraction“ aus Daten erlernt und hinsichtlich Eignung für die Anwendungsdomänen reflektiert.

### Zusammenhänge mit anderen Modulen:

Die Vorlesung Einführung in Deep Learning Methoden setzt im Bereich der Mathematik und ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen auf den Modulen Mathematik 1-3 bzw. Signale und Systeme, Digitale Signalverarbeitung sowie den Modulen zur Software wie OOP, SET sowie höhere Programmiersprachen auf. Die Module Bildgestützte Medizin und Navigation sowie Bildgebende Verfahren in der Medizin bilden ein Verständnis von Anwendungsgebieten tiefer neuronaler Netze.

### Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:

Mit dieser Veranstaltung erwerben die Studierenden folgende Kenntnisse und Fähigkeiten:

- Konzeption von Machine-Learning-Experimenten
- Theoretisches Verständnis tiefer neuronaler Netze
- Analyse von multidimensionalen Daten
- Konzepte der Daten-Augmentierung bei kleinen Stichproben
- Bewerten von Optimierungsprozessen und deren Ergebnissen
- Praktische Durchführung und Auswertung von Machine-Learning-Experimenten

## Literatur

*Foliensatz und Laborunterlagen*

(<https://www.moodle.hs-mannheim.de>)

## Hilfsmittel (Software, etc.)

Laborumgebung des Instituts für eingebettete Systeme, Regelungstechnik und Medizintechnik (ESM)

## Studentischer Arbeitsaufwand

Präsenzstudium 62 h, Vor-/Nachbereitung 28 h, Vor-/Nachbereitung der Laborübungen 30 h, Hausübungen 30 h

<b>Studienleistung</b>	Abnahme von Laborprojekten
<b>Prüfungsleistung</b>	schriftliche Klausur über 90 min
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	keine

## Modul *Digitale Regelungssysteme - (DRS)*

*Digitale Modellbildung diskreter dynamischer Systeme, Differenzgleichung, z-Transformation, Sprungantwort und Übertragungsfunktion, Frequenzgang, Regler und Regelkreise, Stabilität, Reglerentwurf, Zustandsregelungssysteme*

**Professoren** Prof. Dr.-Ing. K.-H. Steglich  
**Version** 01.03.2022

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)

**Einstufung** Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 50% Vorlesung, 30% integrierte Übungen, 20% Laborübungen  
**Medien** Skript, Tafelanschrieb, Projektion, Aufgabensammlung, Laborversuche  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus**

- **Inhalt**
  - Lineare Abtastregelung
    - Zeitdiskretisierung, Differenzgleichungen
    - Regelalgorithmen für Standardregler
    - Diskretisierung mit Trapeznäherung
    - Flussdiagramm für Regelalgorithmen
    - Einstellregeln für Standardregler nach Takahashi
    - Beschreibung zeitdiskreter Systeme durch Differenzgleichungen
    - Lösung von Differenzgleichungen durch Rekursion
    - z-Transformation
    - z-Übertragungsfunktion
    - Stabilität zeitdiskreter Systeme
    - Zeitdiskrete Beschreibung kontinuierlicher Regelkreise
    - Reihenschaltung zeitdiskreter Systeme
    - Blockschaltbild-Darstellung von Differenzgleichungen

- Beschreibung linearer Systeme im Zustandsraum
  - Zustandsgrößen, Zustandsgleichungen
  - Regelungsnormalform der Zustandsgleichungen
  - Lösung der Zustandsdifferentialgleichungen; Transitionsmatrix
  - Zustandsgleichungen im Laplace-Bereich
  - Stabilität im Zustandsraum
  - Zustandsregelung durch Zustandsrückführung; Polvorgabeverfahren
  - Zeitdiskrete Zustandsgleichungen
  - Zustandsregelung mit Zustandsbeobachter

**Laborübung:**

- Anwendung der digitalen Regelungstechnik, Verhalten digitaler Regler
- Dynamisches Verhalten digitaler Regelstrecken, Aufnahme von Sprungantworten, stationäres Verhalten
- Aufnahme von Frequenzgängen, Darstellung im Bode-Diagramm
- Auswahl und Auslegung von Reglern, Offener/geschlossener Regelkreis, Untersuchungen zum Stör- und Führungsverhalten sowie zum stationären Regelfehler von Regelkreisen

---

**Voraussetzungen**    Obligatorisch: Grundlagen der Regelungstechnik: RG bzw. DR  
Optimal: Grundlagen der Informationstechnik wie SS, DSV, MA3  
Differentialgleichungen, Laplace-Transformation, Abtastung

---

**Lernziele**                    **Allgemein**

Das Ziel ist die Vermittlung theoretischer Grundlagen für die mathematische Beschreibung und Analyse von dynamischen Systemen mit explizit digitaler Prozessverarbeitung, insbesondere die Wirkungsweise von rückgekoppelten Systemen/Regelkreisen. Es wird die Fähigkeit zum Entwurf bzw. zur Einordnung, Handhabung und Einstellung von digitalen Regelungsprozessen gelernt, wie sie in digital arbeitenden Systemen Anwendung finden.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen**

DRS baut auf RG bzw. DR auf. Die Prinzipien und Zusammenhänge

aus RG bzw. DR sind eine zwingende Voraussetzung für das Prozessverständnis in DRS. Es werden mathematische Zusammenhänge und Methoden zur Beschreibung diskreter technischer Systeme und rückgekoppelter Prozesse erarbeitet. Auf diese werden in weiteren Ingenieursdisziplinen zurückgegriffen, insbesondere bei der softwareseitigen Umsetzung (Programmierung) der geregelten Prozesse. DRS bildet mit SS und DSV einen symbiotischen stofflichen Komplex.

### **Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen**

Die erworbenen fachlichen Kompetenzen setzen die Studenten in die Lage, auf übergeordnete Weise funktionale, rückgekoppelte Systeme, wie sie in nahezu allen Disziplinen des gesellschaftlichen Lebens vorkommen (technischen, medizinisch, biologisch, chemisch, naturwissenschaftlich, ökonomisch, etc.), ingenieurmäßig zu analysieren und zu beherrschen. Durch die methodischen Kompetenzen können Problemstellungen systematisch angegangen und konkret softwareseitig umgesetzt werden.

### **Berufsvorbereitung**

Die erworbenen Fähigkeiten gehören zu den elementaren Kompetenzen jedes Ingenieurs insbesondere in Hinblick auf eine softwareseitige Realisierung.

### **Literatur**

*K.-H. Steglich: Skript der Vorlesung Digitale Regelungssysteme, HS Mannheim*

*J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer Verlag, 2016*

*Föllinger, O.: Regelungstechnik, VDE, 2016*

*H. Lutz, W. Wendt: Taschenbuch der Regelungstechnik: mit MATLAB und Simulink, Edition Harry Deutsch, 2014*

*Mann, Schiffelgen, Fropiep: Einführung in die Regelungstechnik, Hanser, 2009*

*L. Merz, H. Jaschek: Grundkurs der Regelungstechnik, Oldenbourg, 2010*

### **Hilfsmittel**

Interaktive Lehr-/Lern-Laborarbeitsplätze des Instituts

### **Studentischer Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 60 h, Vorlesungsnachbereitung 60 h, Übungsvor-/nachbereitung 30 h

### **Studienleistungen Prüfungsleistung Zulassungsvor-**

Keine  
Schriftliche Klausur über 120 Minuten  
Labortestat

## aussetzungen

---

## Modul *Entwurf analoger Filter mit Optimierungsverfahren - (EAF)*

<b>Dozent</b>	Prof. Dr. Özhan Koca
<b>Version</b>	15.09.2018 (KOE)
<b>Studiengang</b>	Masterstudiengänge Informationstechnik (NM) und Medizintechnik (MTM), Medizintechnik (MTB), Informationstechnik/Elektronik (IEB)
<b>Semester</b>	
<b>Einstufung</b>	Wahlfach
<b>Umfang</b>	4 SWS / 5 CR
<b>Lehrformen</b>	75% Vorlesung mit Übungsaufgaben, 25% PC-Übungen
<b>Medien</b>	Tablet-Projektion, Schaltungssimulation, MATLAB/OCTAVE
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Turnus</b>	Sommersemester
<b>Inhalt</b>	Passive Filterschaltungen, Optimierte Filter (Butterworth, Tschebyscheff, ...), Übertragungsfunktion, Normierung, TP-HP/BP/BS-Transformation. Schaltungen aktiver Filterbiquads (Sallen-Key, Tow-Thomas, Zustandsfilter, ...). Entwurfsverfahren für Abzweigfilter und aktive RC-Filter n-ter Ordnung. Einfluss d. aktiven Bauelemente (Operationsverstärker, OTA, CCII.) Anwendung mathematischer Optimierung (mit MATLAB/OCTAVE Toolboxes); u.a. lineare Programmierung, Nichtlineare Programmierung zum Entwurf von Filterfunktionen.
<b>Voraussetzungen</b>	Vorlesung „Elektronische Schaltungen“; Mathematik
<b>Lernziele</b>	Fähigkeit zum Entwurf optimierter Filter, Umgang mit Koeffiziententabellen.  Kenntnisse über Filterarchitekturen und dem Entwurf von Filtern höherer Ordnung.  Anwendung von Optimierungsverfahren für technische Problemstellungen. Formulierung einer vernünftigen Zielfunktion und ihren Randbedingungen.
<b>Literatur</b>	<i>Tietze/Schenk, Halbleiterschaltungstechnik</i> <i>Schaumann, Modern Active Filter Design</i>
<b>Hilfsmittel</b>	Schaltungssimulator LTSpice IV, MATLAB bzw. OCTAVE



<b>studentischer Arbeitsaufwand</b>	Präsenzstudium 60 h Vorlesungsnachbereitung 90h
<b>Prüfungsleistung Zulassungsvoraus- setzung</b>	Mündliche Prüfung Erfolgreiche Absolvierung der PC-Versuche

## Modul *Entwurf integrierter Schaltungen - (EIS)*

*Halbleiterelektronik, CMOS-Technologie, Schaltungstechnik, Schaltungsentwurf und -simulation*

**Dozent** Prof. Dr.-Ing. Jürgen Giehl  
**Version** 21.04.2022

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)

**Semester**  
**Einstufung** Wahlmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 60% Vorlesung, 10% Rechenübungen, 30% Laborübungen  
**Medien** Tafelanschrieb, Projektion, Skript, Übungsaufgaben, Laborübungen, Videos

**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Sommersemester

**Inhalt**

**MOSFET:** Kennlinien, Parameter, SPICE-Modell

**CMOS-Technologie:** Prozesstechnologie, Layout, Designregeln

**CMOS-Gatter:** Inverter, NAND, NOR, Parameter, Treiberfähigkeit

**Analoge Schaltungsblöcke:** 1-Transistorverstärker, Komplementäre Stufe, Stromquelle u. -spiegel, Sourcefolger, Cascode, Differenzpaar

**Fortgeschrittene analoge Schaltungen:** 2-stufiger Class-AB-Verstärker (Spezifikation, Dimensionierung, Stabilität, CMRR, PSRR)

**Schaltungssimulation:** Siemens/MENTOR IC-Studio, DC-, AC-, transiente und Monte-Carlo-Simulationen

**Schaltungsentwurf:** Simulation, Matching

**Laborübungen:** 9 Versuchstermine für Laborübungen

- Einführung in Siemens/Mentor IC-Studio
- Bedienung des Simulators
- Sättigungsbetrieb N- und PMOS-FET

- MOSFET als Schalter
- Dimensionierung von Transistoren (Steilheit, Ausgangswiderstand, Sättigungsstrom)
- CMOS-Gatter
- 1-Transistorverstärker mit Stromquelle und Widerstand
- Operationsverstärker (DC, Offset, AC Open Loop, Noise, THD, Monte-Carlo)

**Voraussetzungen** Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik und elektronischer Schaltungen sind zwingende Voraussetzung.

### Lernziele

#### **Allgemein:**

Die Studierenden sollen die Grundwerkzeuge zum Entwurf analoger Schaltungen in CMOS-Technologie einsetzen und vertiefen. Außerdem werden grundlegende analoge Blöcke für integrierte Schaltungen besprochen und deren Verhalten simuliert.

#### **Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

Kenntnisse der Vorlesung Elektronische Schaltungen erleichtern das Verständnis. Kenntnisse der MOSFET-Kennlinien und -Parameter erleichtern den Einstieg, sind aber nicht Voraussetzung. Grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik werden vorausgesetzt.

#### **Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

Die erworbene fachliche Kompetenz setzt die Studierenden in die Lage, komplexere Schaltungen zu dimensionieren, simulieren und zu verifizieren. Die Bedienung und der Einsatz von Schaltungs-Simulatoren wird erlernt. Die methodischen Kompetenzen liegen im Bereich der Dimensionierung per Handrechnung und deren Verifizierung durch Simulation am Beispiel eines Operationsverstärkers nach gegebener Spezifikation.

#### **Berufsvorbereitung:**

Die hier erworbenen Fähigkeiten dienen primär zum Design integrierter Schaltungen und spiegeln das Berufsbild eines Schaltungsdesigners wieder. Diese Kenntnisse können aber auch für diskrete Schaltungen eingesetzt werden.

### Literatur

*Halbleiterschaltungstechnik*, Tietze / Schenk, Springer, 2019  
*Analog Design Essentials*, Sansen, Willy, Springer, 2006  
*Grundlagen integrierter Schaltungen*, Albers, Jan, Hanser, 2007  
*CMOS Analog Circuit Design*, Allen / Holberg, Oxford Univ. Press, 2002  
*Physics of Semiconductor Devices*, Sze, S. M., John Wiley & Sons, 2006

*Fundamentals of Layout Design for Electronic Circuits*, Lienig / Scheible, Springer, 2020  
*Design of Integrated Circuits and Systems*, Laker / Sansen, McGraw-Hill, 1994

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Free SwitcherCAD, der Firma Linear Technologies (freier Download unter [www.linear.com](http://www.linear.com))

**studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 61 h, Vorlesungsnachbereitung 29 h (teilweise eigene Literaturarbeit notwendig), Übungs- und Labor-vor-/nachbereitungen 60 h

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung**

-  
Übungsaufgaben → 25% der Fachnote  
Laboraufgaben → 25% der Fachnote  
Schriftliche Klausur über 60 Minuten → 50% der Fachnote

**Zulassungsvoraussetzungen**

keine

## Modul *Einführung in Quantencomputing - (EQC)*

**Dozent** Prof. Dr. G. Krocke  
**Version** 30.01.2022

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)

**Einstufung** Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 50% Vorlesung, 50% Laborpraktikum  
**Medien** Projektion, Tafelanschrieb, Übungsaufgaben, Laboranleitungen  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Wintersemester

**Inhalt** Vorlesung:

- **Grundlagen der Quantenmechanik**  
Übergang von klassischen Phänomenen zur Quantenmechanik am Doppelspaltexperiment, Welle-Teilchen-Dualismus, Photoeffekt, Stern-Gerlach-Experiment, mathematische Beschreibung quantenmechanischer Systeme, Dirac-Notation, Unschärferelation, EPR-Paradoxon, Interpretationen der Quantenmechanik.
- Grundlagen von Quantencomputern  
Qubits, Quantenregister, Quantengatter und Operatoren, Quantenschaltkreise, No-Cloning-Theorem, Komplexitätstheorie, technische Realisierung von Qubits, Dekohärenz und Quantenfehlerkorrektur.
- **Quantenalgorithmen und Anwendungen**  
Deutsch-Josza-Algorithmus, Bernstein-Vazirani-Algorithmus, Simons Algorithmus, Quantenfouriertransformation, RSA und Shors Algorithmus, Grover-Suchalgorithmus, Quantenzufallsgeneratoren und BB84, maschinelles Lernen mit Quantencomputern

**Labore/Übungen:**

- Simulation von Qubits das Verhalten realer Qubits

- Einfache Quantenschaltkreise
- Messung von Quantenzuständen
- Shors Algorithmus
- Grovers Suchalgorithmus

### Voraussetzungen

Grundkenntnisse in Vektorrechnung und linearer Algebra (MA1 / MA2), Grundkenntnisse in Fouriertransformation (MA3), solide Grundkenntnisse in klassischer Physik und der Beschreibung von Wellenphänomenen. Grundkenntnisse der Informationstechnik und Informatik.  
Zum Verständnis aktueller Literatur werden gute Englischkenntnisse vorausgesetzt.

### Lernziele

#### Allgemein:

Die Studierenden kennen die Prinzipien von Quantencomputern, der Grundlagen der Quantenmechanik und die benötigten mathematischen und informationstechnischen Tools zum Beschreiben einfacher Probleme des Quantencomputings.

Die Studierenden kennen komplexere Anwendungen von Quantencomputern in Algorithmen.

Die Studierenden kennen potentielle Vorteile von Quantencomputern im Vergleich zu klassischen Computern und die praktischen Limitationen realer Quantencomputer.

Die Studierenden können die gelernten Konzepte praktisch Anwenden und eigenständig einfache Quantenschaltkreise und -algorithmen auf simulierter und realer Quantenhardwareentwickeln. Dazu wird Qiskit / Python verwendet.

#### Zusammenhänge mit anderen Modulen:

Die Vorlesung baut auf den mathematischen Grundlagen der Vektorrechnung und linearen Algebra aus MA1 bzw. MA2, sowie der Fourieranalyse aus MA3 auf. Zum Verständnis der quantenmechanischen Beschreibung physikalischer Phänomene wird auf die Inhalte aus PH (klassische Physik, Schwingungen und Wellen) zurückgegriffen. Bausteine von Quantencomputern werden mit den Elementen aus klassischen Computern verglichen (DT). Die Analyse von Algorithmen verwendet Elemente der Komplexitätstheorie (ADS).

#### Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:

- Verständnis der Prinzipien der modernen Physik.

- Verständnis der Grundlagen des Quantencomputing.
- Verständnis der Grenzen und Herausforderungen des Quantencomputings.
- Überblick über den aktuellen Stand des Quantencomputings.
- Realisierung einfacher Quantenschaltkreise und -algorithmen in Simulation und auf realer Quantenhardware.

**Berufsvorbereitung:**

Die Entwicklung von Quantencomputern und der dazugehörigen Software ist Gegenstand aktueller Forschung und wird auf absehbare Zeit auch im industriellen Umfeld relevant werden.

**Literatur**

*Vorlesungsunterlagen*

*Schwabl: Quantenmechanik (QM I)*

*Feynman: Lectures on physics III*

*Hiday: Quantum Computing: An Applied Approach*

*Homeister: Quantum Computing verstehen*

*Qiskit Textbook (online)*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Python

**Studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 60h, Vorlesungsnachbereitung 30h, Vor- und Nachbereitung von Übungen und Laboren 60h

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung**

Keine  
Laborberichte/Projekt 50% der Fachnote  
Schriftliche Klausur über 60 Minuten 50% der Fachnote

**Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Keine

## Modul *Embedded Systems in rekonfigurierbarer Hardware - (ESR)*

*FPGA, SoC, Embedded Systems, Rechenbeschleuniger, Hardware Acceleration*

**Dozent** Prof. Dr. Rüdiger Willenberg  
**Version** 06.12.2018

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)

**Semester**  
**Einstufung** Wahlmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 40% Vorlesung, 40% Laborpraktikum und 20% Miniprojekte  
**Medien** Projektion, Tafelanschrieb, Herstellerdokumentation (englischsprachig)  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Winter- und Sommersemester

**Inhalt**

**Wiederholung und Ergänzung**  
Schaltungstiming in FPGAs, Pipelining  
Struktur und Komponenten von eingebetteten Systemen;  
Programmierung und Peripheriezugriff

Grundlegende Prozessorarchitektur, Speicher, DMA und Bussysteme

**Fortgeschrittene Architektur von digitalen Systemen**  
Taktverteilung und -synchronisation, Daten- und Kontrollflussmechanismen, Zugriff auf und Verwendung von internen und externen Speichern

**Embedded Systems in FPGAs**  
Soft-Prozessoren am Beispiel Xilinx MicroBlaze

Das ARM Advanced eXtensible Interface (AXI)

Das Zynq/ARM Processing System

Entwurf von Peripheriemodulen, Busmaster-Hardware und Co-Prozessoren

Hardware-Zugriff auf selbstgeschriebene Peripherie aus Embedded-Software

Embedded-Linux auf FPGA-Systemen



**3 Miniprojekte:**

Entwurf eines Multiprozessor-Systems sowie von zwei Peripheriekomponenten inkl. Software-Treibern nach Spezifikation.

**Optionale Zusatzthemen je nach Zeitfortschritt:**

- Echtzeitbetriebssysteme und FPGA-Hardware
- Linux-Treiber für eigene Hardware
- High-Level-Synthesis am Beispiel Vivado HLS
- Automatische Hardware-Generierung aus anderen Sprachen und Entwicklungsplattformen (z.B. MATLAB, Xilinx SDSoc)

**Voraussetzungen**

Struktur von FPGAs, fundierte Grundlagenkenntnisse in VHDL oder Verilog (z.B. Vorlesung PLB); Aufbau und Programmierung von eingebetteten Systemen (z.B. Vorlesungen DMC, EMB). grundlegende Englischkenntnisse (Leseverständnis technischer Dokumentation)

**Lernziele**

**Allgemein:**

Die Vorlesung vermittelt ein grundlegendes Verständnis des System-on-Chip-Designs für FPGAs und Verfahrensweisen für das SW/HW-Co-Design. Studenten lernen den Umgang mit einer verbreiteten kommerziellen Entwurfssoftware und den zugehörigen IP-Komponenten.

Der Entwurfsprozess eigener Busperipherie oder Co-Prozessoren und korrespondierender Software wird im Rahmen von Laboren und Miniprojekten praktisch erlernt. Studierende lernen Entwicklungsaufwand und Performancegewinn selbstentwickelter Beschleunigerhardware einzuschätzen

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

ESR kombiniert die in den Bachelor-Modulen DMC und EMB gesammelten Erfahrung mit Mikroprozessorsystemen mit den in PLB erworbenen Kenntnissen zur FPGA-Programmierung. Die Aspekte zum System-On-Chip-Entwurf und der VHDL-Implementierung von Peripherie-Komponenten sind für den allgemeinen ASIC-Entwurf wie z.B. im Projektlabor Embedded Systems hilfreich und auch zur funktionalen Ergänzung von FPGA-Bildverarbeitungssystemen (FBV) verwertbar. In EES diskutierte Eigenschaften und Möglichkeiten von Echtzeitsystemen finden auch in den in ESR behandelten eingebetteten Systemen Anwendung.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

- Überblick über die in FPGA-Systemen einsetzbaren Prozessor- und Bussysteme und die zur Verfügung stehenden

Speicherressourcen.

- Einschätzung des möglichen Performancegewinns durch Einsatz von applikationsspezifischen Hardwarekomponenten; Kontrastierung mit dem höheren Entwicklungs- und Verifikationsaufwand.
- Auswahl geeigneter Systemhierarchien und Kommunikationskanäle zur Optimierung von Performance und Ressourcenbedarf.
- Implementierung, Debugging, Evaluation und Optimierung von geplanten Systems-on-Chip sowie von applikationsspezifischen Peripheriekomponenten.

**Berufsvorbereitung:**

Mit dem theoretisch und praktisch erworbenen Verständnis können die Teilnehmer vollständige Systems-on-Chip und applikationsspezifische Hardware-Komponenten planen, implementieren und optimieren. Dabei gewinnen Sie Erfahrung mit den in der Industrie eingesetzten Entwicklungstools eines großen FPGA-Herstellers. Ein Einstieg in Software und Hardware eines Mitbewerbers ist durch das Verständnis der grundlegenden Abläufe und Konfigurationsmöglichkeiten kurzfristig realisierbar.

**Literatur** *Patterson/Hennessy: Computer Organization and Design*  
*Morgan Kaufmann Brown/Vranesic: Fundamentals of Digital Logic with VHDL, McGraw Hill*

**Hilfsmittel (Software, etc.)** Xilinx Vivado FPGA Design Suite, Xilinx Software Development Kit

**Studentischer Arbeitsaufwand** Präsenzstudium 50h, Laborpraktikum 50h, Miniprojekte 50h

**Studienleistungen Prüfungsleistung** keine  
Labortestate (Funktion, Fragen) → 24% der Fachnote  
Miniprojekte (Funktion) → 42% der Fachnote  
Schriftliche Klausur über 60 Minuten → 34% der Fachnote

**Zulassungsvoraussetzungen** Beschränkte Teilnehmerzahl (ca. 24) wg. Laborplätzen

## Modul *FPGA-basierte Bildverarbeitung - (FBV)*

*FPGA, Industrielle Bildverarbeitung, Machine Vision*

**Dozent** Prof. Dr. Kurt Ackermann  
**Version** 01.10.2018

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)

**Einstufung** Wahlmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 60% Vorlesung und 40% Rechenübungen und VHDL-Laborpraktikum  
**Medien** Projektion, Tafelanschrieb, Skript  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Wintersemester

### Inhalt

**Anforderungen und Technologien der industriellen Bildverarbeitung:**  
Einsatzgebiete der digitalen Bildverarbeitung in der Industrie,  
Grundsätzliche Anforderungen an verarbeitende Systeme,  
Kernkomponenten eines Bildverarbeitungssystems, Grundlagen der  
Optik und Beleuchtungstechnik

**Digitale Bilder:**  
Grundlagen der Bildaufnahme, Von einer kontinuierlichen  
Lichtverteilung zum digitalen Bild, Repräsentation digitaler Bilder,  
Einblick in Dateiformate

**Moderne Bildsensorik:**  
Physikalische Effekte bei der Bildaufnahme, Eigenschaften moderner  
Zeilen- und Matrixsensoren, Architekturen von CCD Sensoren und  
damit verbundene Aufnahmeeffekte, Pixelaufbau von CMOS Sensoren,  
Pixeldefekte und mögliche Korrekturverfahren, Funktionsweise  
elektronischer Shutter, Definition und Erweiterbarkeit des  
Dynamikbereichs, Grundlagen der Farbbildakquisition

**VHDL Vertiefung:**  
Strukturierung durch Unterprogramme und Packages, Automatische  
Verifikation und Dateizugriffe in Testbenches, Methodische Fehlersuche

**FPGAs in Kameras:**  
Methodisches Vorgehen bei der Entwicklung von Taktstruktur und

## Verarbeitungskette

### **Empfang und Deserialisierung digitaler Bilddaten:**

Übertragungsprotokolle digitaler Bildsensoren, Regelung des Abtastzeitpunkts durch Auswertung des Augendiagramms, Einführung dedizierter FPGA-Ressourcen, Dynamische Korrektur der Bit-Wort-Zuordnung (Word-Alignment)

### **Architekturen zur Verarbeitung von Datenströmen in Echtzeit:**

Eigenschaften und Implementierung digitaler Filter, Umsetzung von Faltungsoperationen auf FPGAs, Anwendungsbeispiele zur Pixelkorrektur, Rauschfilter, Kantenfilter, Farbverarbeitung, Binärisierung, etc.

### **High-Level-Synthese (HLS):**

Einführung in die C/C++ -basierte Hardwaremodellierung auf Algorithmebene, Verifikation der Syntheseergebnisse

### **Praktikum:**

Schaltungseingabe mittels VHDL, die Schaltungsentwürfe werden anhand gespeicherter Bilder getestet und die Verarbeitungsergebnisse visualisiert.

## **Voraussetzungen**

Fundierte VHDL Grundlagenkenntnisse zur Erstellung synthesesfähiger Entwürfe sowie einfacher Testumgebungen.

## **Lernziele**

### **Allgemein:**

Zu Beginn lernen die Studierenden die Vor- und Nachteile verfügbarer Architekturen zur Implementierung von Bildverarbeitungs-algorithmen kennen. Zur strukturierten Herangehensweise an Industrieprojekte wird ein Basiswissen über Beleuchtungstechniken, die Kameraoptik sowie die technologischen Unterschiede moderner Bildsensoren aufgebaut. Die Abbildung diverser Bildverarbeitungsalgorithmen auf FPGAs sowie die damit verbundene Entwurfsverifikation – in Theorie und Praxis – werden ausgiebig behandelt.

### **Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

Die FPGA-basierte Bildverarbeitung setzt fundierte VHDL Grundlagenkenntnisse voraus und baut wesentlich auf das Fach Programmierbare Logikbausteine (PLB) auf. Weiterhin ergänzt sich FBV sehr gut mit der Vorlesung Bildverarbeitung und Mustererkennung (BMU), in welcher theoretische und algorithmische Grundlagen erarbeitet werden.

### **Die Studierenden erwerben folgende Kompetenzen:**

- Anwendung vertiefter Kenntnisse im VHDL-Entwurf
- Abbildung rechenintensiver Bildverarbeitungsoperatoren auf

### FPGAs

- Erstellung automatisierter Testverfahren, einschl. Datei I/O
- Simulation und Validierung logischer Schaltungsentwürfe
- Auswahl geeigneter Bildsensoren für spezifische Anwendungsszenarien
- Entwurf adäquater Datenschnittstellen zur Anbindung moderner Bildsensoren an ein FPGA
- Verständnis und Einordnung wesentlicher Systemkomponenten im Bereich der digitalen Bildverarbeitung
- Einschätzung der Stärken und Schwächen von Optiken, Bildsensoren sowie unterschiedlicher Konzepte zur Beleuchtung
- Anwendung der High-Level-Synthese zur Implementierung generischer Hardwarekonzepte
- Erarbeitung zielgerichteter industrieller Lösungskonzepte

#### **Berufsvorbereitung:**

Die Bildverarbeitung ist heute für viele industrielle Anwendungen unentbehrlich. Zunehmend anspruchsvolle Echtzeitanforderungen erfordern die Implementierung rechenintensiver Verarbeitungsschritte in Hardware. Moderne FPGAs vereinen Flexibilität und Leistungsfähigkeit zu geringen Kosten und bieten somit eine geeignete Plattform. Jedoch wächst zugleich die Komplexität des Schaltungsentwurfs an, so dass eine zielgerichtete und praxisnahe Ausbildung auf diesem Gebiet zunehmend von Bedeutung ist. Studierenden wird in dieser Lehrveranstaltung ein breites Spektrum an industriellen Bildverarbeitungskennnissen vermittelt, wodurch sie befähigt werden derartige Aufgabenstellungen qualifiziert zu bearbeiten. Zudem bereiten insbesondere die praktischen Übungen sie sehr gut auf den Berufseinstieg vor.

#### **Literatur**

*VHDL Synthese, J. Reichardt, B. Schwarz, Oldenbourg Verlag*  
*Digital Image Processing, W. Burger, M. J. Burge, Springer Verlag*  
*Digitale Bildverarbeitung, B. Jähne, Springer Verlag*

#### **Hilfsmittel (Tools)**

XILINX ISE Design Suite / Vivado / Vivado HLS

#### **studentischer Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 61 h, Vorlesungsnachbereitung 44 h, Vor- und Nachbereitung des Praktikums 45 h

<b>Studienleistungen</b>	Erfolgreiche Laborteilnahme
<b>Prüfungsleistung</b>	Labortestate → 50% der Fachnote Schriftliche Klausur über 60 Minuten → 50% der Fachnote
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine

## Modul **Grundlagen der funktionalen Sicherheit - (GFS)**

*functional safety, ISO 26262, IEC 61508, management, verification*

**Dozent** Nicole Wenzler  
**Version** 13.06.2022

**Studiengang** Bachelorstudiengänge NEB, TIB, MTB (Informationstechnik) ,  
Masterstudiengänge Informationstechnik (NM)  
**Semester** Ab 3. Semester  
**Einstufung** Wahlmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 100% Vorlesung  
**Medien** Projektion, Tafelanschrieb  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Winter- und Sommersemester

**Inhalt**

**Einführung in die funktionale Sicherheit**

Definition und Bedeutung der funktionalen Sicherheit  
Normen und Richtlinien  
Beispiele und Einsatzorte in der Industrie

**Management**

Planung, Erstellung und Überwachung eines sicherheits-relevanten Projektes  
Unterschiede zu einem nicht sicherheits-relevanten Projekt

**Das Projekt**

Konzeptphase – Erstellung von Anforderungen, Konzepten und Architekturen  
Bedeutung und Durchführung von Sicherheitsanalysen  
Produktentwicklung auf System-, Hardware- und Softwareebene

**Verifikation und Validierung**

Planung und Durchführung von Testaktivitäten  
Produktfreigabe

**Verteilte Entwicklung**

Durchführung eines sicherheits-relevanten Projektes mit mehreren Lieferanten  
Schnittstellen zu anderen Domänen

Projektmanagement, Cyber Security

**Voraussetzungen** keine

**Lernziele**

**Allgemein:**

Die Vorlesung vermittelt ein grundlegendes Verständnis für die funktionale Sicherheit. Nach der einführenden Definition wird den Studierenden die Arbeit in einem Projekt mit sicherheitsrelevanten Teilen nahegebracht, insbesondere der Umgang mit den wichtigsten Dokumenten und Projektschritten, die beachtet werden müssen. Sie bekommen das Handwerkszeug erklärt, um die Notwendigkeit von Sicherheitsbetrachtungen zu erkennen und Sicherheitsanalysen verstehen zu können. Sie erhalten Einblick in die Aktivitäten eines Functional Safety Managers und die notwendigen Schnittstellen zu anderen Projektbeteiligten.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

GFS zeigt auf, wie die in den Bachelor-Modulen zur Hardware-Entwicklung (z.B. DMC und EMB) sowie Software-Entwicklung (z.B. OOP, SOE, SSE oder SET) gewonnenen Kenntnisse in den Kontext eines Projektes im Umfeld der funktionalen Sicherheit angewendet werden. Weiterhin wird der zwingend notwendige und direkte Zusammenhang zur Cyber Security aufgezeigt, indem das Wissen aus SMA und SE1/2 um den Aspekt der funktionalen Sicherheit erweitert wird.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

- Grundlegendes Verständnis und Überblick über die Funktionale Sicherheit
- Erkennen von sicherheitsrelevanten und nicht-sicherheitsrelevanten Projekten/-teilen und deren notwendigen Aktivitäten
- Einschätzen der Notwendigkeit und des Umfangs von sicherheitsrelevanten Aktivitäten
- Verstehen und Auswerten von Sicherheitsanalysen und Ableiten notwendiger Handlungen

**Berufsvorbereitung:**

Mit dem erworbenen Verständnis erkennen die Studierenden einen sicherheitsrelevanten Teil eines Projektes und den Einfluss der funktionalen Sicherheit auf die Hardware- sowie (embedded) Software-



Entwicklung. Hierdurch können sie die in den industrie-spezifischen Normen abgebildeten Anforderungen erfassen und im Projektgeschehen abbilden.

**Literatur**

*Peter Löw/Roland Pabst/Erwin Petry: Funktionale Sicherheit in der Praxis: Anwendung von DIN EN 61508 und ISO/DIS 26262 bei der Entwicklung von Serienprodukten*

*Vera Gebhardt/Gerhard M. Rieger/Jürgen Mottok/Christian Gießelbach: Funktionale Sicherheit nach ISO 26262: ein Praxisleitfaden zur Umsetzung*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Keine

**studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 62 h, Vorlesungsnachbereitung 20h

**Studienleistung  
Prüfungsleistung  
Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Keine  
schriftliche Klausur über 60 Minuten  
keine

## Modul *innovative Elektronikfertigungstechnologien - (iEFT)*

*innovative Fertigungstechnologien der Elektronik und Elektrotechnik*

**Dozent** Prof. Dr.-Ing. Felix Müller-Gliesmann  
**Version** 09.08.2022

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik (IEB), Technische Informatik (TIB), Medizintechnik (MTB), Mechatronik (MEB),  
Master: Informationstechnik (NM) und Medizintechnik (MTM)

**Einstufung** Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul  
**Umfang** 4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 50% Vorlesung, 50% Übungen und Laborversuche mit Protokoll  
**Medien** Tafelanschrieb, Projektion, Skript, Aufgabensammlung, Filme/Videos, und Labor

**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Wintersemester und ggf. im Sommersemester

**Inhalt** **Einführung:** Übersicht über den Aufbau von elektronischen Produkten und die Herstellung, Dickschichttechnik (Hybridtechnik), Leiterplatten, Surface-Mounted Technology (SMT), Through-Hole-Technology (THT)

**Leiterplatten und Layout:** Leiterplattenarten und Lagenaufbau, Herstellungsprozesse, Materialien, Starre Leiterplatten, Starrflex, Flexible Leiterplatten, Multilayer, High Density Interconnect (HDI), Durchkontaktierungen (Via), Feinstleitertechnik, Mikro-Via ( $\mu$ -Via), Thermische Ausdehnung, Temperaturstabilität, Entwärmungskonzepte, CAD/CAM: Datenformate und Datenschnittstellen

**Bauelemente und Aufbauvarianten, Roadmap:** SMD-, THT-Bauformen, Chipbauformen, Flächenreduzierung, Gull-wing, J-Lead, Koplanarität, BGA, CSP ( $\mu$ -BGA), QFN, CBGA, CCGA, Flip-Chip, Chip-on-Board, Multi-Chip-Module (MCM), Tape Automated Bonding (TAB), Einpresstechnik, Anschlussdichte, Entwicklungstrends im Gehäuse (Package), Trends in der Leiterplattentechnik (Verdrahtungsdichte, Anzahl der Signalebenen, Leiterbahnbreite), Kostenfaktoren bei Leiterplatten

**Aufbau- und Verbindungstechnik:** Sieb- und Schablonendruck, Lotpasten, Metallschablonen, Maschinelle SMD-Bestückung, Bauelementezuführung, Reflowlöten, Lötprofil, Wellenlöten, 6-Sigma-Prozess-Qualität, Q-Zahl, dpm-Werte, Prüfmethode: Automatische optische Inspektion (AOI), Automatische Röntgen-Inspektion (AXI),

Flying Probe, Boundary Scan (BScan), Nadelbettadapter (ICT), Board-On-Self-Test (BOST), Final-Factory-Test (FFT), Reparaturverfahren

**Sieb- und Schablonendruck:** Siebgeometrie, Aufbau von Siebdruckgeräten, Aufbau von Dickschichtpasten, Viskosität, Rheologie, Scherung, Thixotropie, Druckparameter und deren Einfluss, Siebdehnung, Mesh-Zahl, Sieböffnungsgrad, Siebgewebe, diskrete und indirekte Siebe, offene und geschlossene Schablonendrucksysteme, Lotpastenbestandteile, Körnung, Flussmittel, Klebkraft, Ätzen und Laserschneiden von Schablonen, Rauigkeit, Geometrie der Apertur, Prozesstoleranzen, Layoutregeln

**Bestückungsprozess:** Klassifizierung und Vergleich von verschiedenen Bestückungsmaschinen, Chipshooter, Pick&Place, Taktzeit, Leiterplattentransport, Feeder und Gurte, Feuchtigkeitsklassen nach JEDEC/IPC, Bestückungsgenauigkeit, Lageerkennung, Mapping-Verfahren, Visiontechnik, Beleuchtungsverfahren, Maschinen- und Prozessfähigkeitsindex, Layoutregeln

**Lötprozess:** Benetzung, Oberflächenspannung, SnPb-Lote und Zusätze, Lötatmosphäre, Schutzgas, Lotoberflächen und Lotanstieg, Thermische Aspekte beim Weichlöten, Erwärmung und Wärmebilanz, Arbeitsbereich, Thermische Lötfallen, homologe Temperatur, bleifreie Lotwerkstoffe, Benetzungszeiten, Lötfehler, Tombstone-Effekt, Lötprofile, Reflow- und Wellenlöten, Dampfphasenlöten, Lötverbindungen und IMP, Ablegieren, Oberflächenwerkstoffe, Lagerfähigkeit, Lotperlen und Lunker

**Dickschicht-/Hybridtechnik:** Ein- und Mehrebenenbau, Mehrschichttechnologie, Prozessablauf, Trocknungsprozess, Brennen im Ofen, Die-Bonden, Dünndrahtbonden, Vergießen (Globe Top)

**Layoutregeln:** Grundregeln Design for Manufactability (DfM), Design for Testability (DfT), Design for Reliability (DfR), Montagerechtes Design, Normen und Layoutregeln

---

**Voraussetzungen** Grundlagen der Elektrotechnik, Physik und Mathematik

---

**Lernziele** **Allgemein:** Erwerben der Kenntnisse über die Fertigungsprozesse in der Elektronik und Elektrotechnik, speziell die SM-, TH-, Leiterplatten-, Dickschicht- und Bauelemente-Technologien. Verständnis und Einordnung für die Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen den Fertigungstechnologien/-prozessen und der Layoutgestaltung sowie die Bewertung hinsichtlich der Wirtschaftlich- und Zuverlässigkeit.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:** Die erworbenen fachlichen Kompetenzen sind für die Entwicklung von elektronischen Produkten von besonderer Bedeutung, um die Produkte wirtschaftlich herzustellen. Nur Produkte die wirtschaftlich hergestellt werden können, haben eine Chance am Markt. Die gewonnenen methodischen Kompetenzen bestehen in der Fähigkeit zur Einschätzung und dem Verständnis zwischen den Fertigungsprozessen, der Layoutgestaltung und den einzusetzenden Technologien. Selbstständige Auswahl von geeigneten Technologien, um dazu passend ein geeignetes Layout zu entwerfen, damit eine wirtschaftliche Herstellung und eine hohe Zuverlässigkeit erreicht werden können.

**Berufsvorbereitung:** Es ist von entscheidender Bedeutung die Layoutgestaltung eines Produktes nicht nur nach elektrischen Anforderungen zu entwerfen, sondern von Beginn an dafür sorgen, dass das Produkt elektrisch und fertigungstechnisch optimal abgestimmt wird, so dass das Produkt wirtschaftlich gefertigt und geprüft werden kann. Um mit dem Produkt am Markt bestehen zu können, sollte die Wertschöpfung unter 10% liegen. Das erforderliche Rüstzeug wird in der Vorlesung vermittelt und durch praktische Laborübungen vertieft. Speziell vor dem Hintergrund, dass einige Firmen ihre Fertigungen ins Ausland verlagern, besteht die Gefahr, dass das erforderliche Fachwissen und die zugehörigen Kernkompetenzen immer mehr verloren gehen. Dadurch könnte eine Abhängigkeit von den EMS (Electronic Manufacturing Services) entstehen. Die erforderlichen Schlüsselkompetenzen und das erforderliche Know-how werden in dieser Vorlesung vermittelt.

**Literatur**

*W. Schell: Baugruppenttechnologie der Elektronik, Verlag Technik, 2. Aufl., 1999*

*R. J. Klein Wassink: Weichlöten in der Elektronik, 1985*

*H.-J. Hanke: Baugruppenttechnologie der Elektronik, Hybridträger, V. Technik, 1994*

*H. Reichl: Hybridintegration, Hüthig Verlag, 1988*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Fertigungsmaschinen am Institut: z.B. Photoplotter, SM-Maschinen, Lötöfen, etc.

Software-Tools: z.B. Layouttool, Datengenerierung, Datenschnittstellen und Taschenrechner (HP50 oder vergleichbar), Gerberviewer, etc.

**Studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 60 h, Vorlesungsnachbereitung 40 h, Übungen und Protokollerstellung 50 h

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung**

Erfolgreiche Teilnahme am Labor nachgewiesen durch die erstellten  
Protokolle

**Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Laborberichte werden benotet und gehen in die Fachnote ein

Schriftliche Klausur über 120 Minuten

Erfolgreiche Teilnahme am Labor und die termingerechte Abgabe des  
Protokolls

(Hinweis: Diese Vorlesung ist Voraussetzung für das Leiterplatten-  
Seminar, das als einwöchiges Seminar in der vorlesungsfreien Zeit  
angeboten wird)

## Modul Programmieren in Java - (JAV)

<b>Dozent</b>	Prof. Dr. Peter Barth
<b>Version</b>	20.05.2022
<b>Studiengang</b>	Bachelorstudiengänge Technische Informatik (TIB ), Medizintechnik (MTB), Informationstechnik/Elektronik (IEB) und Masterstudiengänge Technische Informatik (TIM), Medizintechnik (MTM) und Informationstechnik (NM)
<b>Einstufung</b>	Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul
<b>Umfang</b>	4 SWS / 5 CR
<b>Lehrformen</b>	40%Vorlesung, 60% Übungen und Projektarbeit
<b>Medien</b>	Folien-Präsentation, Tafelanschrieb, Skript/Folien, Literatur, Live-Coding, Versionskontrollsysteme, Online-Beispiele
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Turnus</b>	Jahresweise
<b>Inhalt</b>	Java, Systemsprache <ul style="list-style-type: none"><li>• Syntax C/C++ nahe, andere Philosophie (Polymorphie, Object als Wurzel der Klassenhierarchie, Garbage Collection, Reflection)</li><li>• Objektorientiert Programmieren, Vererbung, Sichtbarkeit, Interfaces, Generics, Typinferenz, Wildcards, Collections, Iteratoren, Pakete, Aufzählungstypen, innere Klassen, Ausnahmen, Module</li><li>• Patterns (Static Factory Method, Listener, Marker Schnittstellen)</li><li>• Verwendung eingebauter Datentypen und Bibliotheken (String, BigInteger, BigDecimal, java.util.* [List, Map, Set])</li><li>• Funktional und Objektorientiert, Lambda-Ausdrücke, Stream-API, filter, map, reduce, unendliche Ströme</li><li>• Nebenläufigkeit (Thread-API, Producer/Consumer)</li><li>• Unit Testing, Laufzeitumgebung,</li><li>• C/C++ integrieren, Build-Management mit maven</li><li>• Bibliotheken (reguläre Ausdrücke, GUI mit JavaFx)</li></ul>
<b>Voraussetzungen</b>	Programmierkenntnisse und objektorientierte Programmierung
<b>Lernziele</b>	Programmieren in höheren Programmiersprachen mit Fokus auf

Entwicklerproduktivität statt Hardware-Nähe.  
Laufzeitumgebung, Referenzen und Garbage Collection

- Objektorientierte Paradigmen mit Schnittstellen und funktionale Erweiterungen
- GUI-Programmierung

Die erworbenen Fähigkeiten erlauben es höhere Programmiersprachenkonzepte mit einer Systemsprache gezielt einzusetzen, um schneller, effizient und korrekt Aufgabenstellungen problemadäquat anzugehen, auch polyglott in mehreren Programmiersprachen. Die praxisrelevanten Programmiersprache Java ist eine der verbreitetsten höheren General Purpose Programmiersprachen mit Fokus auf Systemsprache, die in Web-Anwendungen, mobilen Anwendungen, Anwendungen der künstlichen Intelligenz und Bildverarbeitung eingesetzt werden. Studierende können dann auch schnell ähnliche Sprachen (zum Beispiel C#) und Umgebungen/Frameworks (Mobile, Web, ...) lernen und einsetzen.

#### Literatur

*Literatur und Online-Quellen:*

*Christian Ullenboom, Java ist auch eine Insel Rheinwerk-Verlag, 15./16. Auflage, 2020/2021, [openbook.rheinwerk-verlag.de/javainsel/](https://openbook.rheinwerk-verlag.de/javainsel/)*

*Oracle, Java Platform, Standard Edition (Java SE) 17, Books, 2021, <https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/books.html>*

*Sierra et al., Java von Kopf bis Fuß, O'Reilly, 2006*

*Freeman et al., Entwurfsmuster von Kopf bis Fuss, O'Reilly, 2021*

*Sharan, Davis, Beginning Java 17 Fundamentals, Apress, 2022*

*Chin, Vos, Weaver, The Definitive Guide to Modern Java Clients with JavaFX 17, Apress, 2022*

• *Inden, Der Weg zum Java Profi, dpunkt, 2021*

*Prähofer, Funktionale Programmierung in Java, dpunkt, 2020*

*Saake, Sattler: Algorithmen und Datenstrukturen, dpunkt, 2021*

*<https://adoptium.net/de/>*

#### Hilfsmittel (Software, etc.)

Java SDK, JUnit, Eclipse, git, maven, JavaFx, JNI, weitere themenspezifische Bibliotheken

#### Studentischer Arbeitsaufwand

Präsenzstudium 30 h, Vorlesungsnachbereitung 40 h, Praktikumsaufgaben 80 h

#### Studienleistungen

keine

<b>Prüfungsleistung</b>	90-minütige, schriftliche Klausur, Online-Testatübungen+Projekt (20% Bonus)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Programmierkenntnisse, objektorientierte Programmierung



## Modul *Mobilfunksysteme - (MOB)*

*Mobilfunkkanal, Funknetzplanung, Funkübertragung, GSM, LTE, 5G*

**Professor  
Version**

Prof. Dr.-Ing. Utz Martin  
14.06.2022

**Studiengang**

Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB),  
Technische Informatik (TIB)  
Master: Nachrichtentechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische  
Informatik (TIM)

**Einstufung  
Umfang**

Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul  
4 SWS / 5 CR

**Lehrformen  
Medien**

30% Vorlesung, 20% Rechenübungen, 50% Blended Learning  
Tafelarbeit, Projektion, Skript, Aufgabensammlung,  
Klausurensammlung

**Sprache  
Turnus**

Deutsch  
Wintersemester und Sommersemester

**Inhalt**

**Einführung:** Geschichte, Systembeispiele, Grundprobleme der  
Mobilkommunikation

**Mobilfunkkanal:** Antennen, Grundeffekte der Wellenausbreitung,  
Path-Loss-Vorhersage, Log-Normal-Abschattung, Mehrwegefading,  
Störungen

**Funkübertragung:** Grundlagen digitaler Modulation, Anforderungen,  
Continuous Phase Modulation, Optimalempfänger für PAM und  
linearisierte CPM, MLSE-Entzerrung, MMSE-Kanalschätzung,  
Zeitraumen- und Frequenzsynchronisation, Spread-Spectrum-  
Modulation, Spreizfolgen, Rake-Empfänger, OFDM und SC-FDE, FEC  
und Interleaving, Diversitykonzepte

**Zellulare Netze:** Zellularprinzip, Aspekte der Zellnetzplanung, zellulare  
spektrale Effizienz, Vielfachzugriff und Duplexing, Handover

**GSM:** Architektur, Protokollstruktur, Adressierung, Sicherheitskonzept,  
Location Maintenance, Routing, Handoverarten, Funkschnittstelle,  
GPRS, EDGE (EGPRS)

**UMTS Terrestrial Radio Access und HSPA:** Überblick und  
Grundprinzipien

**LTE (E-UTRAN):** Grundprinzipien, Architektur, Funkschnittstelle,  
Prozeduren

## 5G New Radio: Architektur, Konzepte der Funkschnittstelle

**Voraussetzungen** Mathematische Grundlagen der Nachrichtentechnik (Fouriertransformationen, Verarbeitung analoger und digitaler Signale durch lineare, zeitinvariante Systeme, Wahrscheinlichkeitsrechnung/Stochastik), hilfreich sind Kenntnisse zu linearen Gleichungssystemen und Matrizenrechnung

**Lernziele** **Allgemein:** Die Hörer werden mit dem für die Hard- und Softwareentwicklung, sowie für Planungs- und Betriebsaufgaben im Bereich der Mobilkommunikation notwendigen Basis- und Hintergrundwissen ausgestattet. Die detaillierte Darstellung der Konzepte mit Bewertung ihrer Stärken und Schwächen erleichtert den Hörern im späteren Berufsleben auch den Einstieg und Transfer in andere Anwendungsgebiete der Funktechnik.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:** MOB ermöglicht eine Vertiefung der Inhalte der Module KOM und COM in Richtung mobiler Funkanwendungen. Dabei wird auf die mathematischen Grundlagen der Nachrichtentechnik aus SS und MA3 aufgebaut.

### **Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

- Kennen und Verstehen der Eigenschaften mobiler Funkkanäle
- Anwendung der Methoden der Funknetzplanung
- Kennen und Verstehen der funkrelevanten Modulationsverfahren
- Anwendung der einschlägigen Algorithmen zur Entzerrung, Kanalschätzung, Zeit- und Phasensynchronisation
- Fähigkeit zur Synthese neuer Empfängerkonzepte und zu deren Evaluation.
- Verstehen der Konzepte von Zellnetzen, Fähigkeit zur Analyse der Netzqualität
- Kennen und Verstehen der Systemarchitektur, der Core-Net-Konzepte und der Funkschnittstellen von GSM/EGDE/GPRS, UMTS/HSPA, LTE und 5G
- Fähigkeit neue Konzepte für (mobile) Kommunikationssysteme zu analysieren, zu synthetisieren und zu validieren

**Berufsvorbereitung:** Das Verständnis der Systemgestaltung von GSM/GPRS UTRAN, LTE und 5G einschließlich der prinzipiellen Abläufe der zentralen Systemfunktionen ermöglicht im späteren

Berufsleben die schnelle und effektive Einarbeitung in systemspezifische Teilprobleme. Die detaillierte Darstellung der Konzepte mit Bewertung ihrer Stärken und Schwächen erleichtert den Einstieg und Transfer in andere Anwendungsgebiete der Funktechnik wie Wireless-LAN oder digitalen Rundfunk.

**Literatur**

- U. Martin: Skript zur Vorlesung MOB, [moodle.hs-mannheim.de](http://moodle.hs-mannheim.de)*
- K. David, T. Benkner: Digitale Mobilfunksysteme, Teubner, 2. Auflage 2001*
- A. Molisch: Wireless Communications, Wiley, 2005*
- S. Saunders: Antennas and Propagation for Wireless Communications, Wiley&Sons 2006*
- J. Eberspächer, H.-J. Vögel: GSM - Global System for Mobile Communication., Teubner, 3. Auflage 2001*
- H. Holma, A. Toskala: WCDMA for UMTS, Wiley, 5th edition 2010*
- H. Holma. A. Toskala: LTE, Wiley 2009*
- Rohde&Schwarz: 5G New Radio. eBook, 2019, [gloris.rohde-schwarz.com/ebooks/5G](http://gloris.rohde-schwarz.com/ebooks/5G), mit R&S-Account frei einsehbar.*

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

-

**studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 30 h, Video-Diskussionsrunden 30 h, Vorlesungsnachbereitung 70 h (teilweise eigene Literaturarbeit notwendig), Hausübungen 20 h

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung  
Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Keine schriftliche Klausur über 120 Minuten  
Anmeldung in Moodle (maximal 40 Plätze)

## Modul *IT-Sicherheit in eingebetteten Systemen - (SES)*

*Grundlagen der IT-Sicherheit, Sichere Entwicklung eingebetteter Systeme*

<b>Dozent</b>	Prof. Dr. Jens-Matthias Bohli
<b>Version</b>	26.07.2021
<b>Studiengang</b>	Bachelorstudiengänge IEB, TIB, MTB und Master Informationstechnik (NM), Medizintechnik (MTM), Technische Informatik (TIM)
<b>Einstufung</b>	Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul
<b>Umfang</b>	4 SWS / 5 CR
<b>Lehrformen</b>	50% Vorlesung und 50% Laborübungen
<b>Medien</b>	Folien, Tafelanschrieb, Literatur
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Turnus</b>	Sommer- und Wintersemester
<b>Inhalt</b>	<p><b>Grundlagen:</b> Grundlagen der IT-Sicherheit, kryptographische Tools, und spezielle Angriffe auf Hardwarekomponenten. Anforderungen an die Zertifizierung eingebetteter Systeme.</p> <p><b>Implementierung kryptographischer Verfahren:</b> Grundlagen der Verschlüsselungsverfahren AES und RSA, Angriffe auf Implementierungen, Seitenkanalangriffe (Timing-Angriffe, Poweranalysis, Electro-Magnetic Analysis, Akustische Seitenkanäle), Fault-Induction, Schutzmaßnahmen</p> <p><b>Authentifizierung:</b> Methoden zur Authentifizierung und Autorisierung mit kryptographischen Protokollen für eingebettete Systeme, biometrische Verfahren</p> <p><b>Sichere Hardware:</b> Aufbau und Verwendung: Trusted Platform Module, ARM Trustzone, Physical Unclonable Functions, RFID, Smartcards</p>
<b>Voraussetzungen</b>	Programmierkenntnisse, Grundlagen eingebetteter Systeme
<b>Lernziele</b>	<p>In der Lehrveranstaltung werden die Grundlagen vermittelt, um sichere eingebettete Systeme zu entwickeln.</p> <p>Sie vermeiden häufige Implementierungsfehler bei der Entwicklung eingebetteter Systeme.</p> <p>Sie lernen die Risiken eingebetteter Systeme kritisch zu bewerten und</p>

geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

Sie kennen die Garantien sicherer Hardwarekomponenten und können sie effektiv nutzen.

---

**Literatur**

*Vorlesungsfolien*

*K. Lemke, C. Paar, M. Wolf (Eds.) "Embedded Security in Cars", Springer 2006, ISBN: 978-3-540-28384-3*

*R. Anderson: "Security Engineering", Wiley, 2008*

---

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)**

Entwicklungsumgebung, Emulator für TPM und Embedded Systems

---

**studentischer  
Arbeitsaufwand**

Präsenzstudium 60 h, Vorlesungsnachbereitung 30 h, Bearbeiten der Programmierübungen 60 h.

---

**Studienleistungen  
Prüfungsleistung  
Zulassungsvor-  
aussetzungen**

Abnahme von Laborprojekten  
schriftliche Klausur über 120 Minuten

keine

## **Modul** *Sensor Fusion für autonomes Fahren - (SFF)*

*Sensor Fusion, Kartenerstellung, SLAM, Autonomes Fahren*

**Dozent** Prof. Dr.-Ing. Wei Yap Tan  
**Version** 21.10.2022

**Studiengang** Bachelorstudiengänge IEB, TIB, MTB und Masterstudiengänge NM,  
**Semester** MT  
**Einstufung**  
**Umfang** Bachelor: Wahlfach, Master: Wahlpflichtmodul  
4 SWS / 5 CR

**Lehrformen** 50% Vorlesung, 50% Labor  
**Medien** Folien-Präsentation, Tafelanschrieb, Moodle-Online-Unterstützung  
**Sprache** Deutsch  
**Turnus** Winter- und Sommersemester

### **Inhalt**

#### **Messprinzip verschiedener Sensorarten:**

- Radarsensor
- LIDAR-Sensor
- Ultraschallsensor
- Computer Vision (Stereo-Vision, Tiefenkarte)
- GPS-Ortung

#### **Sensor Fusion:**

- Kombination verschiedener Sensordaten als Gleichungssystem
- Bewegungsmodell eines Fahrzeuges
- Kalman-Filter

#### **Kartenerstellung:**

- Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)

#### **Laboraufgaben:**

- Simulation vom Fahrscenario und Sensordaten in MATLAB
- Kartenerstellung mit dem simulierten Daten
- Navigation des simulierten Fahrzeugs

**Voraussetzungen** Sensorik 1, Digitale Signalverarbeitung, Programmierkenntnisse

**Lernziele**

**Allgemein:**

Studierende lernen die wichtigsten Sensoren, das Konzept von Sensor Fusion und die Kartenerstellung für autonomes Fahren kennen. In Laboraufgaben erlernen die Studierende die Simulation von realistischer Fahrscenarien und Simulation von Sensordaten bis hin zu Erstellung der Karten für sichere Wahrnehmung der Fahrzeugumgebung.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**

Das Modul vertieft die erworbenen Kenntnisse in Sensorik 1, MSTO und Digitale Signalverarbeitung.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

Die erworbenen fachlichen Kompetenzen setzen die Studierenden in die Lage, Sensoren unterschiedlicher Arten für autonomes Fahren mittels Sensor Fusion einzusetzen. Mit der Laboraufgaben lernen die Studierende den Umgang mit in der Forschung und in der Industrie verbreitetes Werkzeug zur Simulation der Sensordaten und Fahrscenarien und der Entwicklung der Algorithmen im Bereich autonomes Fahren.

**Berufsvorbereitung:**

Das autonome Fahren ist ein wichtiges und aktuelles Thema in der Automobilindustrie und Robotik. Die Sensor Fusion ist notwendig für die sichere Wahrnehmung der Umgebung von Fahrzeugen.

Mit der erworbenen theoretischen und praktischen Erfahrung in diesem Modul sind die Studierenden in der Lage selbstständig unterschiedliche Sensoren mittels Sensor Fusion zu kombinieren und Algorithmen für das autonome Fahren zu entwickeln.

**Literatur**

**Hilfsmittel  
(Software, etc.)** MATLAB

---

<b>studentischer Arbeitsaufwand</b>	Präsenzstudium 60 h, Vorlesungsnachbereitung 30h. Laborübungen 80 h
---	--

---

<b>Studienleistung</b>	Keine
<b>Prüfungsleistung</b>	schriftliche Klausur 90 Minuten
<b>Zulassungsvor- aussetzungen</b>	keine

---



## Modul *Studienarbeit - (STA)*

*Vertiefende Ausarbeitung zu Schwerpunktthemen der Elektronik-, Informations- und Medizintechnik*

**Dozent** Alle Professoren der Fakultät für Informationstechnik  
**Version** 10.12.2021

**Studiengang** Bachelor: Informationstechnik/Elektronik, (IEB), Medizintechnik (MTB), Technische Informatik (TIB)  
Master (MTM, NM, TIM)

**Semester** -  
**Einstufung** -  
**Umfang** Wahlmodul  
5 CR

**Lehrformen** Praktische oder theoretische Projektarbeit, schriftliche Dokumentation  
**Medien**  
**Sprache** Deutsch oder eine andere Sprache in Abstimmung mit dem betreuenden Professor  
**Turnus** Winter- und Sommersemester

**Inhalt** In der Studienarbeit vertieft der Student ein ausgewähltes aktuelles Thema aus der Elektronik/Informationstechnik in Form einer technisch-wissenschaftlichen Ausarbeitung. Grundlage für die Studienarbeit ist entweder ein Literaturstudium oder eine überschaubare Projektarbeit.

Die Studienarbeit wird intern an einem Institut der Hochschule durchgeführt. Das vom Studierenden zu bearbeitende Thema ist vom betreuenden Professor vor Beginn der Arbeit in schriftlicher Form auszugeben.

Über die Ergebnisse der Arbeit ist eine schriftliche Ausarbeitung vorzulegen. Die Ergebnisse der Arbeit sind im Rahmen eines Abschlusskolloquiums zu präsentieren. Die Arbeit wird durch den betreuenden Hochschullehrer bewertet.

**Voraussetzungen** -

**Lernziele**

**Allgemein:**  
Die Studierenden sind in der Lage, sich in eine vertiefende Fragestellung einzuarbeiten sowie diese methodisch zu bearbeiten.

**Zusammenhänge mit anderen Modulen:**  
Während der Studienarbeit werden die in Pflicht- und Wahlmoduln des

Studiengangs IEB erworbenen Kenntnisse vertieft.

**Kompetenzen / Schlüsselqualifikationen:**

Im Rahmen der Studienarbeit erarbeiten Studierende selbständig die Lösung für eine technische Aufgabenstellung. Dabei werden die in den Lehrveranstaltungen erlernten Methoden angewendet und reflektiert. Die Studierenden erfassen die Problemstellung, führen Recherchen zum Stand der Technik durch und wenden Problemlösungsstrategien und wichtige Ingenieurwerkzeuge an (z.B. Modellierung, Programmierung, Entwurfsverfahren, Elektronikdesign, Elektronikimplementierung). Schließlich verbessern die Studierenden ihre Kompetenzen bei der Erstellung einer technischen Dokumentation und deren Präsentation.

**Berufsvorbereitung:**

Die Studienarbeit fördert die Fähigkeit der Studenten, sich selbständig in neue Anwendungsgebiete einzuarbeiten, die Erkenntnisse strukturiert zu dokumentieren und in einem Vortrag zu präsentieren.

**Literatur** *Der Aufgabenstellung entsprechend*

**Hilfsmittel (Software, etc.)** Der Aufgabenstellung entsprechend

**Studentischer Arbeitsaufwand** Eigenstudium 150 h

**Studienleistungen** Keine  
**Prüfungsleistung** Schriftliche Ausarbeitung, mündliche Prüfung / Abschlusskolloquium  
**Zulassungsvoraussetzungen** Keine