

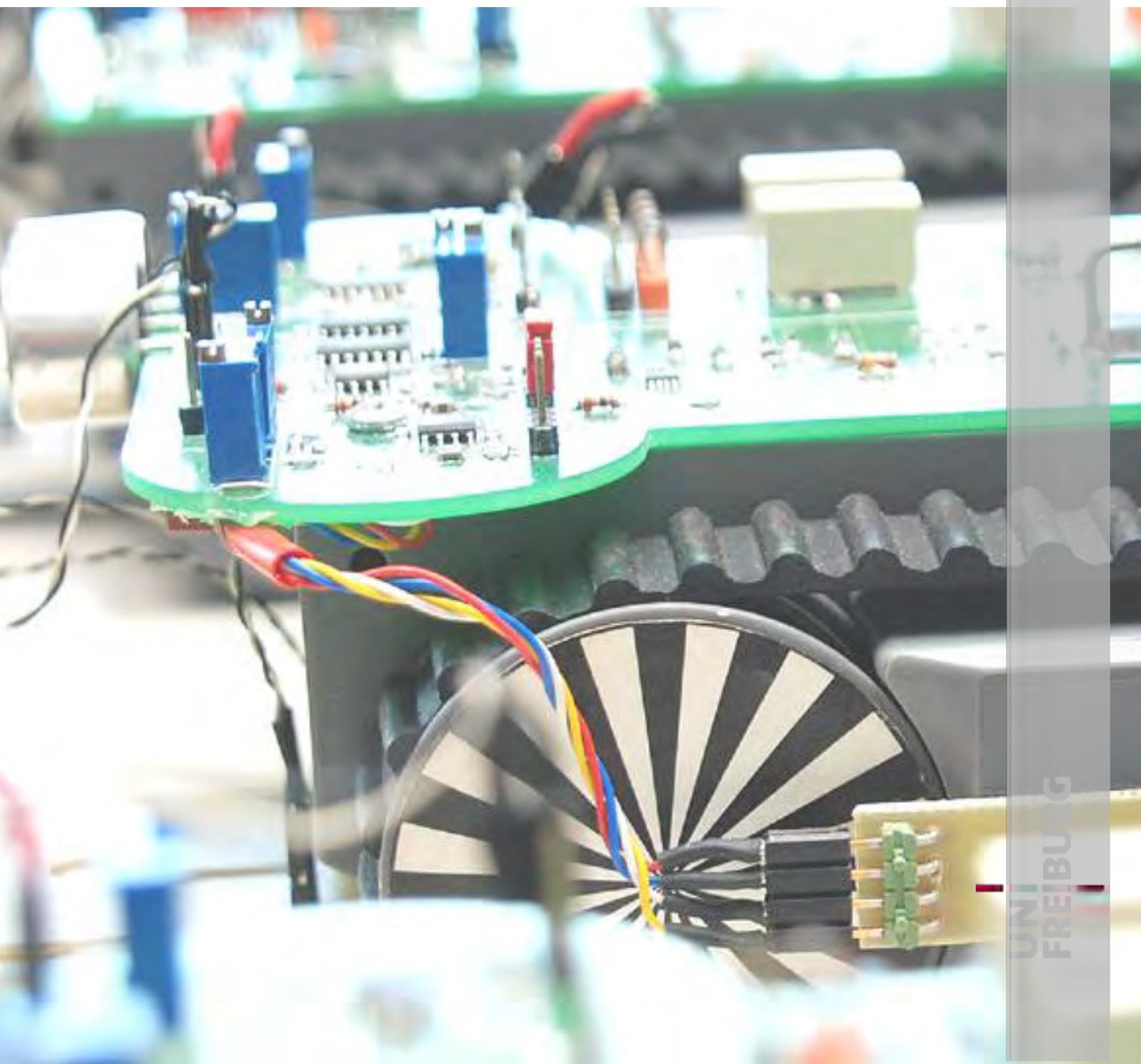


**iems**  
intelligente eingebettete  
mikrosysteme

# Modulhandbuch

Master of Science  
Intelligente Eingebettete Mikrosysteme

05.03.2018





# Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	3
Methodenmodule.....	4
Entwurf, Analyse und Umsetzung von Algorithmen .....	5
Mikroelektronische Bauelemente und Grundsaltungen .....	8
Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.....	11
Entwurf von Mikrosystemen.....	13
Basismodule.....	16
Maschinelles Lernen.....	17
Hardware und Software eingebetteter Systeme.....	20
Vertiefungsmodule .....	23
Algorithmen für drahtlose Netzwerke .....	24
Echtzeit-Betriebssysteme und Zuverlässigkeit.....	27
Integrierte Analoge CMOS-Schaltungen.....	29
Messdatenerfassung und -verarbeitung.....	31
Mikroaktorik.....	34
Modellierung und Tests in der Softwareentwicklung .....	37
Regelungstechnik.....	39
Sensorik .....	41
Verifikation eingebetteter Systeme .....	44
Vernetzte eingebettete Systeme.....	47
Managementmodule.....	50
Projektmanagement (PM) und Gewerblicher Rechtsschutz (GR) .....	51
Projektmanagement in Software Engineering für Embedded Systems .....	54
Praktikumsmodule.....	57
Praktikum Microcontroller und FPGA-Systeme.....	58
Praktikum Messtechnik und Sensorik .....	61
Weitere Module .....	64
Wissenschaftliches Arbeiten.....	65
Teamprojekt .....	68
Masterarbeit .....	70

# Einleitung

Der Studiengang „Intelligente Eingebettete Mikrosysteme“ (IEMS) ist modular aufgebaut. Neben Methodenmodulen – für Absolventen und Absolventinnen anwendungsorientierter Studiengänge oder Teilnehmer/innen mit fehlenden Kenntnissen – werden Basismodule, sowie Vertiefungs- und Spezialmodule (Seminare, Praktika, Managementmodule) angeboten.

## Informationen zu erwarteten Vorkenntnissen

Vorausgesetzt werden für den Studiengang MasterOnline „Intelligente Eingebettete Mikrosysteme“ grundlegende Programmierkenntnisse (wobei die eingesetzte Programmiersprache zweitrangig ist) und ein Basiswissen in Algorithmen und Datenstrukturen. Ebenso wird Basiswissen in Technischer Informatik bzw. Elektrotechnik vorausgesetzt. Grundkenntnisse in diesen Bereichen sind Zulassungsvoraussetzung für den Studiengang. Sie werden von der Prüfungs- und Zulassungskommission anhand Ihrer eingereichten Bewerbungsunterlagen überprüft.

## Möglichkeiten zur Erlangung dieser Vorkenntnisse

Sollten Ihnen vereinzelt Kenntnisse in diesen Bereichen fehlen, Ihre Voraussetzungen im Allgemeinen aber für die Zulassung zum Studiengang ausreichend sein, werden im Folgenden mehrere Möglichkeiten erläutert, sich das fehlende Wissen für das Studium selbst anzueignen. Sind Ihre Grundkenntnisse in diesen Gebieten vor Studienbeginn nicht ausreichend, empfehlen wir, an entsprechenden Veranstaltungen an der Universität Freiburg oder der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Standort Lörrach als Gasthörer teilzunehmen.

Eine Übersicht der Veranstaltungen der Universität Freiburg finden Sie online im Vorlesungsverzeichnis der Universität Freiburg: <http://www.uni-freiburg.de/go/vvz>.

Auf den Webseiten der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Standort Lörrach finden Sie das Studienangebot der Dualen Hochschule im Bereich Technik: <http://www.dhbw-loerrach.de/index.php?id=technik>.

Im Internet oder über Weiterbildungsdatenbanken finden Sie zahlreiche kostenfreie wie auch kostenpflichtige Materialien und/oder Kursangebote, um Grundlagen der Elektrotechnik und/oder Grundlagen der Informatik zu erwerben. Auch Programmierkurse in C++ oder Java können Sie z.B. bei der VHS oder ähnlichen (Weiterbildungs-)Einrichtungen belegen.

Als Student/in der Universität Freiburg (z.B. Student/in des MasterOnline IEMS) können Sie sich fehlende Kenntnisse in einem bestimmten Teilgebiet auch durch die Nutzung der umfassenden Sammlung an Fachliteratur in den Bibliotheken (Universitätsbibliothek oder Fachbibliothek der TF) erarbeiten.



# Methodenmodule

Bachelor-Absolventen von Berufsakademien und Fachhochschulen, Dualen Hochschulen und Hochschulen für Angewandte Wissenschaften sollen durch gemeinsam mit der DHBW Lörrach entwickelte Methodenmodule auf ein forschungsorientiertes Studium vorbereitet werden.

Die vier Methodenmodule sind abhängig vom Modellstudienplan verpflichtend zu absolvierende Teile des Masterstudiengangs. Sie vermitteln den Stoff in einer kompakten und anspruchsvollen Weise, wie es bei Modulen in Masterstudiengängen an Universitäten üblich ist.

Die Inhalte dieser Module berücksichtigen sowohl die vorhandenen Kenntnisse insbesondere von DHBW-, (BA-) und FH-Absolventen als auch die fachspezifischen Anforderungen für weiterführende Module; sie wurden in enger Kooperation von Dozenten der DHBW Lörrach, der Universität Hildesheim und der Technischen Fakultät der Universität Freiburg entwickelt.

Die Methodenmodule werden als Online-Module angeboten.

Die Betreuung erfolgt durch Dozenten und Tutoren der DHBW und Universität.

Jede Prüfungsleistung aus dem Bereich Methodenmodule kann einmal wiederholt werden; *eine* Prüfungsleistung aus aus dem Bereich der Methodenmodule kann zweimal wiederholt werden.

<b>Modul</b>
<b>Entwurf, Analyse und Umsetzung von Algorithmen</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Methodenmodul Verpflichtend zu belegen für Studierende mit einem anwendungsorientierten Abschluss		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Rolf Backofen	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Jedes Wintersemester												
<b>Workload</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>			Art	Workload in h	Selbstlernphase	90	Online-Kommunikation	40	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	90														
Online-Kommunikation	40														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
<p>Grundkenntnisse im Bereich Algorithmen und Datenstrukturen, wie sie z.B. bei einem Informatikstudium oder einem verwandten Studium erlangt werden. Bei Bedarf sollten diese Kenntnisse auf anderem Wege erlangt werden, siehe Einleitung.</p>

<b>Lernziele</b>
<p>Ziel dieses Moduls ist es, Kenntnisse und Fertigkeiten zur Beurteilung der Qualität von Algorithmen und zur in der Praxis effizienten Implementierung zu vermitteln. Insbesondere werden dabei solche Algorithmen und Qualitätsaspekte behandelt, die für den Entwurf und die Analyse von intelligenten eingebetteten Mikrosystemen grundlegend sind.</p> <p>Das Modul vermittelt Studierenden die Fähigkeit, Laufzeit und Speicherbedarf von Algorithmen mit mathematischen Mitteln abzuschätzen.</p> <p>Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Techniken zum Entwurf und zur Analyse von Algorithmen und können die Mächtigkeit algorithmischer Entwurfsprinzipien, wie Divide and Conquer, Dynamische Programmierung, Randomisierung, u.ä. einschätzen und anwenden. Sie kennen Standard-Datenstrukturen (Listen, Bäume, Graphen), wissen, wie man sie nutzt, und kennen wichtige Algorithmen für Bäume und Graphen.</p>

## Lehrinhalt

Das Modul gibt eine kompakte Einführung in das Verständnis grundlegender Algorithmen und Datenstrukturen (40%), die dahinter stehenden Methoden und Techniken zur Komplexitätsabschätzung und Korrektheitsbeweise (30%), sowie besondere Techniken zur effizienten Umsetzung in der Praxis (30%).

Die meisten dieser Inhalte sind vermutlich aus dem früheren Studium bekannt, aber ggfs. nicht in ausreichender Tiefe behandelt worden oder nicht mehr präsent.

Die Inhalte werden also in einer Form angeboten, die Masterstudierenden mit entsprechenden formalen Fähigkeiten angemessen sind.

Zu den grundlegenden Algorithmen und Datenstrukturen gehören:

- Sortieren
- assoziative Arrays und Hashfunktionen
- Prioritätswarteschlangen
- dynamische Felder
- Suchbäume
- Graphenalgorithmen
- Stringalgorithmen.

Zu den Methoden, Techniken zur Komplexitätsabschätzung und Korrektsbeweisen gehören:

- asymptotische Analyse
- O-Notation
- Induktionsbeweise
- divide and conquer
- amortisierte Analyse
- Potentialfunktionen
- dynamische Programmierung.

Zu den besonderen Techniken zur effizienten Umsetzung gehören:

- Verständnis und Beachtung von Cache- und IO-Effizienz
- Verständnis und Beachtung von Coding Standards
- Unit Testing
- Laufzeitmessungen und Profiling.

## Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

## Literatur

K. Mehlhorn, P. Sanders: „Algorithms and Data Structures - The Basic Toolbox“, Springer, 2008.

T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, C. Stein: „Introduction to Algorithms“. MIT Press, 2009.

<b>Modul</b>
<b>Mikroelektronische Bauelemente und Grundschaltungen</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Methodenmodul Verpflichtend zu belegen für Studierende mit einem anwendungsorientierten Abschluss		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Yiannos Manoli, Prof. Dr. Bernd Becker	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosystemtechnik, Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Jedes Wintersemester
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	105	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	180	

<b>Voraussetzungen</b>
Mathematische Grundkenntnisse

<b>Lernziele</b>
Die Studierenden sind in der Lage, die Funktion der Halbleiterbauelemente zu verstehen, um dann einfache analoge und digitale Grundschaltungen selbst zu entwickeln. Hierzu gehören vor allem Operationsverstärker und ihre Grundschaltungen, Hilfsschaltungen wie Stromspiegel, Ausgangstreiber und Spannungskonverter, digitale Grundgatter für digitale Logik- und Speicherzellen, sowie digitale Grundschaltungen.

<b>Lehrinhalt</b>
Bei der Entwicklung von eingebetteten Systemen spielen sowohl Elektro- als auch Digitaltechnik eine tragende Rolle. In diesem Modul erwerben die Studierenden nicht nur Kenntnisse über die Funktion von Halbleiterelementen, sondern lernen auch, einfache Schaltungen – analog und digital – aufzubauen. Sie erwerben schaltungstechnisches Wissen

über den Aufbau und den Entwurf von Addierern, Speicherelementen sowie einer kleinen CPU.

Neben der Behandlung einiger elektrotechnischer Grundlagen, lernen die Studierenden die wichtigsten Halbleiterbauelemente kennen, um darauf aufbauend grundlegende analoge Schaltungen entwickeln zu können. Hierbei spielen die Grundsaltungen für Transistoren und Dioden, sowie die Grundsaltungen und Anwendungen von Operationsverstärkern eine zentrale Rolle.

Mit den Kenntnissen der analogen Schaltungstechnik lassen sich im zweiten Teil des Moduls auch die grundlegenden Schaltungen der Digitaltechnik vermitteln. Als Realisierungsvarianten digitaler Schaltungen betrachten die Studierenden Grundgatter und Schaltungsfamilien, um im Anschluss mittels Boole'scher Algebra sowohl komplexe kombinatorische als auch sequenzielle Schaltungen verstehen, analysieren und entwerfen zu können. Die erworbenen Kenntnisse nutzen die Studierenden, ausgehend von einzelnen Komponenten, zum Entwurf eines kleinen Rechners.

#### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

#### Literatur

Teil 1:

G. Koß, W. Reinhold: „Lehr- und Übungsbuch Elektronik“, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2000.

U. Tietze, C. Schenk, E. Gamm: „Halbleiter – Schaltungstechnik“, Springer 2002.

R. Spencer, M.S. Ghausi: „Introduction to Electronic Circuit Design“, Prentice Hall, 2003.

Teil 2:

A. Sedra, K. Smith: „Microelectronic Circuits“. Oxford University Press, 1997.

B. Becker, P. Molitor: „Technische Informatik: Eine einführende Darstellung“, Oldenbourg Wissenschaftsverlag München, 2008.

E. Hering, K. Bressler, J. Gutekunst: „Elektronik für Ingenieure“, Springer, 2001.



- J. Keller, W. Paul: „Hardware-Design: Formaler Entwurf digitaler Schaltungen“, Teubner, 2005.
- R. Spencer, M. S. Ghausi: „Introduction to Electronic Circuit Design“, Prentice Hall, 2003.
- K. Urbanski, R. Weitowitz: „Digitaltechnik“, Springer, 2000.
- U. Tietze, Ch. Schenk: „Halbleiter-Schaltungstechnik“, Springer, 2002.

<b>Modul</b>
<b>Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Methodenmodul Verpflichtend zu belegen für Studierende mit einem anwendungsorientierten Abschluss		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Dr. Lars Schmidt Thieme	<b>Einrichtung</b>	Universität Hildesheim
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Jedes Sommersemester
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	105	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	<b>180</b>	

<b>Voraussetzungen</b>
Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>Entwurf, Analyse und Umsetzung von Algorithmen</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden lernen intuitive Konzepte wie Wahrscheinlichkeit, Zufall, Unabhängigkeit formal und präzise zu fassen und ihre grundsätzliche Bedeutung für die Behandlung nicht-deterministischer Probleme zu erkennen.</p> <p>Die Studierenden verstehen das Konzept eines statistischen Modells in verschiedenen Anwendungsformen. Sie verstehen es nicht nur, sondern können verschiedene Methoden zum Lernen solcher Modelle aus Daten umsetzen und anwenden.</p> <p>Die Studierenden haben Basiskenntnisse im Bereich der Differentialgleichungen und Funktionstransformationen.</p>

### Lehrinhalt

Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Ausgehend von den elementaren Begriffen der Wahrscheinlichkeit, der Zufallsvariable und des Erwartungswertes werden zunächst grundlegende Ungleichungen sowie die Konvergenz von Zufallsvariablen behandelt.

In einem zweiten Teil werden Themen des statistischen Schließens behandelt: parametrische vs. nicht parametrische Modelle, Schätzen von Verteilungsfunktionen, der Bootstrap, Parameter-Inferenz, Hypothesen-Tests, Bayessche Inferenz und statistische Entscheidungstheorie.

In einem dritten Teil werden wichtige analytische Basismethoden der Regelungstechnik vorgestellt: gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen sowie Integraltransformationen (Fourier- und Laplacetransformation).

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

L. Wasserman: „All of Statistics“, Springer, 2004.  
 M. H. DeGroot, M. J. Schervish: „Probability and Statistics“, Addison Wesley, 2001.  
 K. Meyberg, P. Vachenaer: „Höhere Mathematik 2“, Springer, 2001.

<b>Modul</b>
<b>Entwurf von Mikrosystemen</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Methodenmodul Verpflichtend zu belegen für Studierende mit einem anwendungsorientierten Abschluss		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Oliver Paul, Prof. Dr. Leonhard Reindl, Prof. Dr. Yiannos Manoli	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosystemtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Jedes Sommersemester												
<b>Workload</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>			Art	Workload in h	Selbstlernphase	105	Online-Kommunikation	25	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	105														
Online-Kommunikation	25														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
keine

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden erlangen ein Verständnis für die methodische Vorgehensweise beim Entwurf von Mikrosystemen und einen Überblick über die elementaren Konzepte der Methodik. Vordergründig beherrschen sie das Prinzip des Top-Down-Entwurfs. Den Ausgangspunkt bildet die Spezifikation, die im Verlauf des Entwurfsprozesses immer weiter verfeinert wird und dabei eine Betrachtung auf verschiedenen Ebenen erlaubt.</p> <p>Die Studierenden kennen die Grundlagen der Prozesstechnik und der Betrachtung der physikalischen Grundlagen zur Beschreibung mikromechanischer Systeme.</p> <p>Sie beherrschen folgende Stationen des Entwurfsablaufs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systementwurf und abstrakte Beschreibung bzw. Modellierung als ausführbare Spezifikation auf Systemebene mittels MATLAB/Simulink (Signalfluss).</li> </ul>

- Möglichkeiten der Modellierung und Simulation von Schaltungen mit Spice. Entwurf und Verfeinerung von Mixed-Domain Systemen unter Zuhilfenahme entsprechender Beschreibungs- und Simulationswerkzeuge (Differentialgleichungen, VHDL-AMS).
- Simulationsmöglichkeiten, basierend auf der Finite-Elemente-Methode zur Modellierung mikromechanischer Systeme (Sensoren, Aktoren) und der damit verbundenen physikalischen Vorgänge, die mittels Differentialgleichungen beschrieben werden können (ANSYS, FEMLAB).

Neben der Realisierung der gewünschten Spezifikation (und damit der Funktionsweise) kennen die Studierenden Möglichkeiten zur Verifikation der Funktionsfähigkeit des Systems und sind in der Lage, diese frühzeitig und auf allen Ebenen des Entwurfsablaufs zu berücksichtigen.

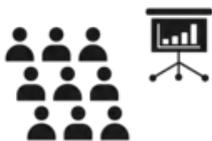
### Lehrinhalt

Die Einsatzbereiche von Mikrosystemen sind ebenso vielfältig wie die beim Entwurf zu berücksichtigenden Anforderungen. In diesem Modul beschäftigen sich die Studierenden nicht nur mit unterschiedlichen Konstruktionselementen sondern auch mit verschiedenen Entwurfsstilen und Simulationsmöglichkeiten. Durch den vermittelten Stoff bekommen sie ein vertieftes Verständnis für den gesamten Entwurfsablauf zur Implementierung mikrosystemtechnischer Komponenten und Systeme.

Nach einer Einführung in die Prozesstechnik und physikalische Grundbegriffe erarbeiten die Studierenden elementare Konzepte zum Systementwurf. Ausgehend von einer Spezifikation, die im Verlauf des Entwurfsprozesses immer weiter verfeinert wird, lernen sie die unterschiedlichen Domänen zur Modellierung und Simulation von Mikrosystemen kennen, die Systemebene, die elektronische Schaltung und das mikromechanische System.

Neben der Realisierung der gewünschten Spezifikation und damit der Funktion erproben die Studierenden Möglichkeiten zur Verifikation der Funktionsfähigkeit des Systems und sind in der Lage, diese frühzeitig und auf allen Ebenen des Entwurfsablaufs zu berücksichtigen.

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg



## Literatur

S. Haasis: „Integrierte CAD-Anwendungen“, Springer, 1995.

G. Müller, C. Groth: „FEM für Praktiker“, Expert-Verlag, 1998.

R. L. Geiger, P. E. Allen, N. R. Strader: „VLSI-Design Techniques for Analog and Digital Circuits“, McGraw-Hill Series in Science and Engineering, 1990.

P. J. Ashenden, G. D. Peterson, D. A. Teegarden: „The System Designer's Guide to VHDL-AMS: Analog, Mixed-Signal, and Mixed-Technology Modeling“, Morgan Kaufmann Publishers, 2002.

MATLAB/Simulink Online Documentation, [www.mathworks.com/support/](http://www.mathworks.com/support/)



# Basismodule

Das Studienprogramm sieht vor, dass alle Studierenden zwei Basismodule belegen.

Diese schaffen die gemeinsamen Grundlagen für die Vertiefungsrichtungen, indem sie jeweils in die Technik und die algorithmischen Methoden für intelligente eingebettete Mikrosysteme einführen.

Die Basismodule werden als Online-Module angeboten.

Jede Prüfungsleistung aus dem Bereich Basismodule kann einmal wiederholt werden; *eine* Prüfungsleistung aus aus dem Bereich der Basismodule kann zweimal wiederholt werden.

<b>Modul</b>
<b>Maschinelles Lernen</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Basismodul Verpflichtend zu belegen zur Vorbereitung auf die Vertiefungs-module		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dr. Joschka Bödecker	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Jedes Wintersemester												
<b>Workload</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>		Art	Workload in h	Selbstlernphase	105	Online-Kommunikation	25	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>	
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	105														
Online-Kommunikation	25														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
<p>Grundkenntnisse im Bereich Algorithmen und Datenstrukturen          Mathematische Grundkenntnisse</p> <p>Im Rahmen des Studiengangs IEMS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenmodule (sofern laut Studienplan zu belegen)</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden sind dazu in der Lage, sowohl exemplarische Modelle und Algorithmen des maschinellen Lernens sinnvoll zu interpretieren als auch Methoden zur Entwicklung von lernfähigen Systemen anhand konkreter Problemstellungen anzuwenden.</p> <p>Die Studierenden können den gesamten Entwurfsprozess von grundsätzlicher Modellierung, Modellwahl und Konfiguration des Algorithmus unter Verwendung von "Rapidminer" selbstständig durchführen.</p>

## Lehrinhalt

Das Modul beginnt mit einer allgemeine Einführung in das Forschungsgebiet „Maschinelles Lernen“. Im Anschluss werden an einem ersten einfachen Modell, dem Konzeptlernen, grundlegende Problematik und Aufgabenstellung des maschinellen Lernens vermittelt. Grundlegende Konzepte wie z.B. der „Induktive Bias“ werden eingeführt, die sich durch die gesamte Vorlesung ziehen.

Im dritten Block werden drei unterschiedliche Modelle des maschinellen Lernens vorgestellt, die praktische Relevanz haben. Es werden dabei sowohl theoretische Grundlagen wie Repräsentationsfähigkeit der Modelle und Konvergenz der Lernalgorithmen angesprochen als auch praktische Aspekte diskutiert. Anschließend wird am Beispiel neuronaler Netze das Thema Generalisierungsfähigkeit diskutiert.

Die Einheit „Boosting“ widmet sich der Komiteebildung, die für alle vorgestellten Modelle des maschinellen Lernens eine wichtige Möglichkeit zur Verbesserung der Generalisierungsfähigkeit darstellt. Im Kapitel „Probabilities und Bayes“ wird eine wesentliche Verallgemeinerung der bisherigen Betrachtungsweise in Richtung Wahrscheinlichkeitstheorie vorgenommen. Es werden sowohl bisherige Lösungsansätze im probabilistischen Kontext neu interpretiert als auch originär probabilistische Lernverfahren vorgestellt. Abschließend erhalten die Studierenden Anregungen über Vertiefungen und weitere Aspekte des Forschungsgebiets Maschinelles Lernen (Einheiten „Evolutionary Algorithm“, „Reinforcement Learning“, „Unsupervised Learning“).

### Einheiten

1. Introduction
2. Concept Learning
3. Decision Trees
4. Perceptrons
5. MLPs
6. Generalisation
7. Boosting
8. Probabilities
9. Bayesian Learning
10. Evolutionary Algorithms
11. Unsupervised Learning
12. Reinforcement Learning

## Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

## Literatur

- C. M. Bishop: „Neural networks for pattern recognition“, Clarendon Press, 1995.  
S. Haykin: „Neural Networks: A Comprehensive Foundation“, Prentice Hall, 2008.  
E. Alpaydin: „Introduction To Machine Learning“, MIT Press, 2004.  
R. S. Sutton, A. G. Barto: „Reinforcement Learning: An Introduction“, MIT Press, 1998.

<b>Modul</b>
<b>Hardware und Software eingebetteter Systeme</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Basismodul Verpflichtend zu belegen zur Vorbereitung auf die Vertiefungs-module		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Christoph Scholl, Prof. Dr. Bernd Becker, Prof. Dr. Yiannos Manoli	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik, Institut für Mikrosys-temtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Eng- lisch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schrift- lich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Jedes Wintersemester												
<b>Workload</b>	<table border="0"> <thead> <tr> <th><b>Art</b></th> <th><b>Workload in h</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>			<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	Selbstlernphase	105	Online-Kommunikation	25	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>
<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>														
Selbstlernphase	105														
Online-Kommunikation	25														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
Grundlagen der Technischen Informatik  Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenmodule (sofern laut Studienplan zu belegen)</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden haben Kenntnis der spezifischen Eigenschaften von eingebetteten Systemen.</p> <p>Die Studierenden kennen Basiskomponenten und daraus konstruierte Teilkomponenten eingebetteter Systeme.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die daraus resultierenden Anforderungen an Schnittstellen und das Gesamtsystem zu erfassen.</p> <p>Die Studierenden kennen die elementaren Konzepte zum Entwurf derartiger Systeme und Kriterien für die Partitionierung in Hardware bzw. Software.</p>

Die Studierenden können spezifische Methoden aus der Softwaretechnik einerseits und dem Hardwareentwurf andererseits zu einer leistungsfähigen Entwurfsmethodik kombinieren, sowie die Anforderungen bzgl. Größe, Reaktionszeiten, Kosten und Energieverbrauch des resultierenden Gesamtsystems berücksichtigen.

### Lehrinhalt

Ob für Tempomaten, Geräte zur Motorsteuerung oder bei der Programmierung von Mikroprozessoren - die Anforderungen an den Entwurf eines leistungsfähigen Gesamtsystems aus Hardware- und Softwarekomponenten sind vielschichtig, u.a. weil Faktoren wie Größe, Reaktionszeiten, Kosten und Energieverbrauch berücksichtigt werden müssen. In diesem Modul lernen die Studierenden, die Problemstellungen des Hardware/Software-CoDesigns zu identifizieren und zu bewältigen.

Grundlegend befassen sie sich mit den Möglichkeiten zur Spezifikation eingebetteter Systeme und analysieren, welche Anforderungen solche Spezifikationsmechanismen idealerweise erfüllen sollten. Die Studierenden erproben den Umgang mit verschiedenen Spezifikations-sprachen und erfahren deren Vor- und Nachteile in der Anwendung.

Zur erfolgreichen Implementierung eingebetteter Systeme lernen sie Architektur und Arbeitsweise von Systemkomponenten sowie Methoden zum Entwurf und zur Optimierung der zugehörigen Komponenten bezüglich Geschwindigkeit, Energieverbrauch und Testbarkeit kennen. Anhand verschiedener Konzepte von Mikrocontroller- Prozessorarchitekturen erarbeiten die Studierenden, welche Konzepte zur Informationsverarbeitung je nach Optimierungsziel für bestimmte Anwendungsdomänen besonders geeignet sind.

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

## Literatur

- P. Marwedel: „Embedded System Design: Embedded Systems, Foundations of Cyber-Physical Systems“, Springer, 2011 (2. Aufl.).
- N. H. E. Weste, K. Eshraghian: „Principles of CMOS VLSI Design; A Systems Perspective“, Addison-Wesley, 1993.
- J. M. Rabaey: „Digital Integrated Circuits: A Design Perspective“, Prentice-Hall, 2003.
- W. Lange, M. Bogdan: „Entwurf und Synthese von Eingebetteten Systemen“, Oldenbourg, 2013.
- J. Teich, C. Haubelt: „Digitale Hardware/Software-Systeme“, Springer, 2007 (2. Aufl.).
- J. Reichardt, B. Schwarz: „VHDL-Synthese: Entwurf digitaler Schaltungen und Systeme“, Oldenbourg, 2015 (7. Neub. Aufl.).
- P. Ashenden: „The Designer’s Guide to VHDL“, Morgan Kaufmann, 2006 (3. Aufl.).



# Vertiefungsmodule

Aufbauend auf den Basismodulen haben Studierende die Möglichkeit, je nach besonderen Vorkenntnissen oder Interessen bis zu sechs Module aus einer Menge von Vertiefungsmodulen im Sinne von Wahlpflichtmodulen auszuwählen.

Die Teilnahme an diesen Modulen ist nicht an eine bestimmte Reihenfolge oder einen Modellstudienplan gebunden.

Es gibt einen Pool von Vertiefungsmodulen, die in jährlichem oder zweijährlichem Turnus angeboten werden.

Die Vertiefungsmodule werden ebenfalls als Online-Module angeboten.

Jede Prüfungsleistung aus dem Bereich Vertiefungsmodule kann einmal wiederholt werden; *eine* Prüfungsleistung aus dem Bereich der Vertiefungsmodule kann zweimal wiederholt werden.

<b>Modul</b>
<b>Algorithmen für drahtlose Netzwerke</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Christian Schindelhauer	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Wintersemester)												
<b>Workload</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>		Art	Workload in h	Selbstlernphase	105	Online-Kommunikation	25	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>	
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	105														
Online-Kommunikation	25														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
Grundlagen der Algorithmentheorie  Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
Mit dem erworbenen Wissen über Algorithmen und drahtlose Netzwerke verstehen die Studierenden die bei der Entwicklung von drahtlosen Netzwerken auftretenden algorithmischen Probleme. Sie können Algorithmen hinsichtlich ihrer Qualität bewerten, verstehen ihr Zusammenspiel und sind in der Lage für die spezifischen Probleme in drahtlosen Netzwerken eigene Algorithmen zu finden.

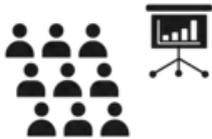
<b>Lehrinhalt</b>
Vom Mobilfunknetzwerk bis zum Internet der Dinge – drahtlose Netzwerke sind ebenso unterschiedlich beschaffen wie die Aufgaben, die sie meistern, und stellen Entwickler vor verschiedenste Herausforderungen. In diesem Modul analysieren und bewerten die Studieren-

den Algorithmen für zelluläre und hybride Netzwerke, Ad-hoc-Netzwerke und drahtlose Sensornetzwerke. Mit dem Wissen um die Besonderheiten und Problemstellungen der Netzwerktypen können sie eigene Lösungen für die Programmierung von drahtlosen Netzwerken entwickeln.

In zellulären Netzwerken, wie Mobilfunknetzwerken und WLANs, wird die Kommunikation über Basisstationen abgewickelt, die das Sendegebiet in Zellen unterteilen. Für das dabei auftretende, kombinatorisch schwierige Frequency-Assignment-Problem, die Zuordnung von Funkfrequenzen zu den Zellen, bedarf es bestimmter algorithmischer Lösungen. In Ad-hoc-Netzwerken stellt das Routing wegen der fehlenden Infrastruktur besondere Anforderungen dar. Neben Routing-Algorithmen und Algorithmen für die Topologie-Kontrolle lernen die Studierenden auch Algorithmen für Hybride Netzwerke kennen, die Ad-hoc-Netzwerke mit zellulären Algorithmen kombinieren.

Auch die drahtlose Vernetzung von Sensoren und Aktuatoren in Sensornetzwerken verlangt spezifische Lösungen, da die Sensorknoten oft nur über geringe Energieressourcen verfügen. Mit sogenannten datenzentrierten Algorithmen, die Sensoren und Aktuatoren hinsichtlich ihrer Funktion und ihres Orts ansprechen und nicht bezüglich ihrer Identität, lernen die Studierenden auch dafür die passende Lösung zu entwickeln.

#### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

#### Literatur

- C. S. R. Murthy, B. S. Manoj: „Ad Hoc Wireless Networks“, Prentice Hall, 2004.  
M. Ilyas, I. Mahgoub: „Handbook of Senso Networks: Compact and Wired Sensing Systems“, CRC Press, 2004.  
D. P. Agrawa, Q-A. Zeng: „Introduction to Wireless and Mobile Systems“, Thomson, 2003.  
J. Schiller: „Mobile Communications“, Addison-Wesley, 2000.  
H. Karl, A. Willig: „Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks“, Wiley, 2005.  
F. Zhao, L. Guibas: „Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach“, Morgan Kaufmann, 2004.



- Y. Yu, V. K. Prasanna, B. Krishnamachari: „Information Processing and Routing in Wireless Sensor Networks”, World Scientific Pub Co Inc, 2006.
- J. Wu: „Handbook on Theoretical and Algorithmic Aspects of Sensor, Ad Hoc Wireless, and Peer-to-Peer Networks”, Auerbach Publications, 2005.
- A. Boukerche: „Handbook of Algorithms for Wireless Networking and Mobile Computing”, CRC, 2005.
- C. E. Perkins: „Ad Hoc Networking”, Addison-Wesley, 2000.
- Bitte auch aktuelle Forschungsarbeiten in diesem Gebiet beachten.

<b>Modul</b>
<b>Echtzeit-Betriebssysteme und Zuverlässigkeit</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Bernd Becker, Prof. Dr. Christoph Scholl	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Sommersemester)												
<b>Workload</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>		Art	Workload in h	Selbstlernphase	105	Online-Kommunikation	25	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>	
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	105														
Online-Kommunikation	25														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
Grundlagen von eingebetteten Systemen und Technischer Informatik  Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden erlernen, wie man zuverlässige Betriebssysteme für sicherheitsrelevante Systeme entwickelt.</p> <p>Die Studierenden haben einen Überblick über die Standard-Betriebssysteme sowie hardwaremäßige Voraussetzungen für Betriebssysteme.</p> <p>Die Studierenden beschäftigen sich mit Betriebssystemen für Eingebettete Systeme (ES) und folgen der Frage, wie Anforderungen bzgl. Echtzeitfähigkeit erfüllt werden können.</p> <p>Des Weiteren lernen die Studierenden Methoden zur Laufzeitabschätzung und Scheduling-Verfahren zur Einhaltung von Zeitbedingungen kennen, insbesondere im Hinblick auf den Entwurf zuverlässiger ES für sicherheitskritische Anwendungen.</p>

### Lehrinhalt

Vor allem bei sicherheitskritischen Anwendungen – wie zum Beispiel in der Flugüberwachung oder bei der Steuerung und Überwachung chemischer Prozesse – ist die Zuverlässigkeit eingebetteter Systeme unverzichtbar. In diesem Modul beschäftigen sich die Studierenden mit den Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit von Betriebssystemen für eingebettete Systeme und lernen, diese Anforderungen beim Systementwurf erfolgreich umzusetzen.

Die Anforderungen an und Realisierungskonzepte für Echtzeit-Betriebssysteme eingebetteter Systeme unterscheiden sich wesentlich von Standard-Betriebssystemen. Beim Entwurf zuverlässiger Echtzeit-Betriebssysteme muss nicht nur die Einhaltung von Zeitbedingungen gewährleistet sein. Auch die gemeinsame Ressourcennutzung sowie die Synchronisation und Kommunikation verschiedener Prozesse in eingebetteten Systemen müssen berücksichtigt werden.

Im Modul erproben die Studierenden verschiedene Methoden zur Laufzeitabschätzung und Scheduling-Verfahren zur Einhaltung von Zeitbedingungen und lernen, diese zu klassifizieren und hinsichtlich ihrer Güte und Kosten zu analysieren. Neben der Sicherstellung der Zuverlässigkeit der entworfenen Software lernen sie auch, die Zuverlässigkeit der umgebenden Hardwarekomponenten zu erreichen.

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

G. Buttazzo: „Hard Real-Time Computing Systems“, Kluwer Academic Publishers, 2002.

P. Marwedel: „Embedded System Design“, Kluwer Academic Publishers, 2003.

A. Tanenbaum: „Moderne Betriebssysteme“, Pearson Studium, 2002.

A. M. K. Cheng: „Real-Time Systems: Scheduling, Analysis, and Verification“, Wiley-Interscience, 2002.

### Modul

## Integrierte Analoge CMOS-Schaltungen

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Yiannos Manoli	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosystemtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Wintersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	105	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	<b>180</b>	

### Voraussetzungen

Grundlagen der Schaltungstechnik

Im Rahmen des Studiengangs IEMS:

- Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme

### Lernziele

Die Studierenden verfügen über ein vertieftes Verständnis über den analogen CMOS-Schaltungsentwurf sowie über moderne eingebettete Systeme.

Die Studierenden kennen die elementaren Konzepte zum Entwurf derartiger Schaltungen.

Die Studierenden beherrschen weiterführende Schaltungstechniken, in eingebetteten Systemen benötigte analoge Schaltungskomponenten sowie die Schnittstellen zwischen analogen und digitalen Schaltungen.

Die Studierenden sind in der Lage, Schaltungen zu analysieren und zu synthetisieren, und zwar auf Transistor-, Block- und Systemebene.

Die Studierenden kennen verschiedene Anwendungen der diskutierten Schaltungen mit Fokus auf MEMS Sensor-Ausleseschaltungen.

### Lehrinhalt

- Entwurf analoger CMOS-Schaltungen
- Kleinsignalersatzschaltbilder
- Stromquellen
- einstufiger Verstärker und sein Verhalten im Frequenzbereich, Differenzverstärker
- Rauschen in elektronischen Schaltungen
- Einführung in das Analog-Layout
- MEMS Sensor-Ausleseschaltungen

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

B. Razavi: „Design of Analog CMOS Integrated Circuits“, McGraw-Hill, 2000.

P. E. Allen, D. R. Holberg: „CMOS Analog Circuit Design“, Holt, Rinehart and Winston, 1987.

<b>Modul</b>
<b>Messdatenerfassung und -verarbeitung</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Leonhard Reindl	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosystemtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Sommersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	105	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	<b>180</b>	

<b>Voraussetzungen</b>
<p>Grundlagen der Mathematik für Ingenieure (Komplexe Zahlen, Funktionentheorie, Integrieren, Differenzieren)</p> <p>Grundlagen der Elektrotechnik</p> <p>Im Rahmen des Studiengangs IEMS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden verstehen grundlegende messtechnische Systeme und Verfahren.</p> <p>Die Studierenden können spannung-, strom- und frequenzgebende Sensoren, sowie resistive, kapazitive und induktive Sensoren auslesen und die zugehörigen Aufnahme- und Auswerteschaltungen entwerfen.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, das analoge Messsignal digital abzutasten und die hierfür notwendigen AD- und DA-Wandler zu spezifizieren. Sie können Signale glätten, sowie numerisch differenzieren und integrieren.</p> <p>Die Studierenden analysieren analoge und digitale Signale im Zeit- und Frequenz-Bereich, sowie digitale Signale auch im z-Bereich.</p>

Zur spektralen Filterung entwerfen die Studierenden „Finite“ und „Infinite Impuls Response“-Filter.

Zur Erhöhung des Signal-zu-Rauschabstandes eliminieren sie systematische und statistische Fehler und minimieren verbleibende Störungen mit einem Kalman-Filter.

Die Studierenden sind in der Lage, eigene Messungen wissenschaftlich korrekt zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu interpretieren.

Für die Lokalisierung von Fehlerquellen ist ein Bewusstsein entstanden und auftretende Messfehler können qualitativ und quantitativ beurteilt werden.

Die praktischen Erfahrungen, um später eigene Messsysteme konzipieren und entwickeln zu können, sind vorhanden.

### Lehrinhalt

Das Modul vermittelt allgemeine Grundlagen der Messtechnik und der digitalen Auswertung von Messsignalen. Zum elektrischen Auslesen von spannung-, strom- und frequenzgebenden, sowie resistiven, kapazitiven und induktiven Sensoren werden die zugehörigen Messbrücken, Operationsverstärkerschaltungen und analogen Messfilter erläutert. In die Grundlagen der Digitaltechnik wird mit digitalen Zähl- und Rechenschaltungen, sowie Digital-Analog-/Analog-Digital-Wandlern eingeführt. Zum Verständnis der Genauigkeit von Messsignalen werden Messabweichungen und dynamische Eigenschaften von Messvorgängen behandelt. Merkmale von Messvorgängen werden mittels Abtasttheorem, lineare zeitinvariante Systeme, Impulsantwort und Übertragungsfunktion erläutert. Merkmale von diskreten Messsignalen werden über die Integraltransformationen „Fourier-“, „Inverse Fourier-“, „Diskrete Fourier-“, „Fast Fourier-“ und z-Transformation verdeutlicht. Numerisches Glätten, Integrieren und Differenzieren werden wiederholt. Eigenschaften und Entwurf digitaler FIR- und IIR-Filter werden ausführlich behandelt. Zur Analyse stochastischer Signale werden Korrelation, Kurzzeit-Fouriertransformation, Wignerverteilung und Wavelettransformation eingeführt. Das Modul schließt mit einer Einführung in Bayes'sche Filter und insbesondere in Kalman-Filter.

1. Grundlagen Elektrotechnik und Messtechnik
2. Statistik und digitale Sensorkorrektur
3. Sensoren und Messwertumformer
4. A/D- und D/A- Umwandler
5. Signalverarbeitung
6. Digitale Filter
7. Kalman Filter

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

- E. Schrüfer, L. Reindl, B. Zagar: „Elektrische Messtechnik“, Hanser, 2013.  
R. Lerch: „Elektrische Meßtechnik“, Springer, 2012.  
R. Patzelt, H. Fürst: „Elektrische Messtechnik“, Springer, 1996.  
D.Ch. von Grüningen: „Digitale Signalverarbeitung“, Fachbuchverlag Leipzig, 2008.  
E. Schrüfer: „Signalverarbeitung: numerische Verarbeitung digitaler Signale“, Hanser, 1992.  
R. Scheithauer: „Signale und Systeme“, Teubner Stuttgart, 2005.  
K. D. Kammeyer, K. Kroschel: „Digitale Signalverarbeitung: Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-Übungen“, Vieweg + Teubner, 2009.  
S. K. Mitra: „Digital Signal Processing: A Computer-based Approach“, McGraw-Hill Education, 2011.  
A. V. Oppenheim, J. R. Buck, R. W. Schafer: „Zeitdiskrete Signalverarbeitung“, Pearson Studium, 2004.  
V. K. Ingle, J. G. Proakis: „Digital Signal Processing using MATLAB“, McGraw-Hill Education, 2011.

<b>Modul</b>
<b>Mikroaktorik</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Ulrike Wallrabe, Dr. Matthias Wapler	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosystemtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Sommersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	75	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	30	
	Kompetenznachweis	50	
	<b>Summe</b>	180	

<b>Voraussetzungen</b>
Grundlagen der Experimentalphysik, Elektrotechnik, Mechanik
Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenmodul Entwurf von Mikrosystemen</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden lernen die wesentlichen Akteurprinzipien, die in der Mikrotechnik angewendet werden, kennen. Dies beinhaltet den jeweiligen physikalischen Hintergrund, die dazugehörigen Grundgleichungen, typische Auslegungsbeispiele und typische Anwendungsfälle. Die Studierenden erfahren, wie man die Aktoren unter besonderer Berücksichtigung der eingeschränkten Fertigungsmethoden auslegt und konstruiert.</p> <p>Die Studierenden erhalten Kenntnis der jeweiligen Stärken und Schwächen sowie der Einschränkungen im Betrieb von solchen Aktoren.</p> <p>Die Studierenden lernen, wann, warum und für welche Anwendung ein spezifisches Akteurkonzept herangezogen wird.</p>

Anhand von Literaturarbeit mit ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen lernen die Studierenden die Bewertung und Nutzung wissenschaftlich relevanter Informationen im Bereich der Mikroaktorik und können diese in einer für Dritte verständlichen Form darstellen und präsentieren.

### Lehrinhalt

Den Studierenden werden diverse Aktorprinzipien vorgestellt, um dann ihre Anwendungen und Umsetzungen zu diskutieren. Dabei werden die MST-spezifischen Vor- und Nachteile beleuchtet. Jedes Aktorprinzip beginnt mit einer Einführung in die speziellen Grundlagen. Danach werden typische Auslegungen, Designs und Anwendungen besprochen. Das Modul umfasst ausführlich fünf grundlegende Aktorvarianten:

**Elektrostatik:** Plattenkondensator, Kammaktor, Krafttherleitung, Paschen-Effekt, Pull-in beim Plattenkondensator

**Elektromagnetik:** Lorentz-Kraft, Reluktanzprinzip, Kleinstmotoren, Ferrofluide, magnetische Materialien

**Piezoelektrik:** Piezoelektrischer Effekt, Materialklassifizierung, typische Bauformen von kommerziellen Komponenten, Einsatz in Mikrostrukturen

**Shape Memory:** Shape Memory Effekt, Superelastizität, Strukturierung solcher Materialien, Anwendungsbeispiele insb. aus der Medizin

**Hydraulik:** Strömungslehre, Skalierungsgesetze, Turbinen, Pumpen

Die Studierenden erhalten außerdem Einblicke in das Forschungsgebiet der Mikroaktorik, indem anhand von Ausführungs- und Anwendungsbeispielen diverser Aktorprinzipien (z.B. Reluktanzaktoren: Beispiele auf den Optical MEMS und Motoren, Wirbelstromaktoren – Magnetisches Schweben, dazu gehörend Fertigung von 3D Mikrospulen) die Relevanz neuester wissenschaftlicher Forschungsergebnisse verdeutlicht wird.

Im Rahmen des Moduls erarbeiten die Studierenden ein Design für einen Piezoaktor und haben die Gelegenheit, dieses auch praktisch umzusetzen. Das Design der Piezoaktoren wird mit Hilfe von Simulationssoftware ausgelegt, die Piezos werden anschließend mit einem UV-Laser strukturiert und ihre Auslenkung mit einem Laserdistanzsensor vermessen. Im Team haben die Teilnehmenden die Möglichkeit, eine Anwendung aus ihrem Arbeitsumfeld umzusetzen. Die erzielten Ergebnisse werden abschließend vorgestellt und diskutiert.

## Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Expertenvortrag in Freiburg



2-tägiger Präsenzworkshop in Freiburg (Praktikum und Seminarvortrag)



Abschließende Prüfung in Freiburg (in 2-tägigem Präsenzworkshop integriert)

## Literatur

D. J. Jendritza: „Technischer Einsatz Neuer Aktoren: Grundlagen, Werkstoffe, Designregeln und Anwendungsbeispiele“, Expert-Verlag, 2008.

M. Tabib-Azar: „Microactuators: Electrical, Magnetic, Thermal, Optical, Mechanical, Chemical and Smart Structures“, Kluwer Academic Publishers, 1998.

M. Kohl: „Shape Memory Microactuators“, Springer, 2004.

Aktuelle Paper aus wissenschaftlichen Fachzeitschriften, z.B.

- J. Draheim, F. Schneider, R. Kamberger, C. Mueller, U. Wallrabe: „Fabrication of a Fluidic Membrane Lens System“, Journal of Micromechanics and Micro-engineering 19, no. 9 (9, 2009).
- H. Toshiyoshi, D. Kobayashi, M. Mita, G. Hashiguchi, H. Fujita, J. Endo, Y. Wada: „Microelectromechanical Digital-to-analog Converters of Displacement for Step Motion Actuators“, Journal of Microelectromechanical Systems 9, no. 2 (12, 2000).
- M. C. Wapler, J. Brunne, U. Wallrabe: „A New Dimension for Piezo Actuators: Free-form Out-of-plane Displacement of Single Piezo Layers“. Smart Materials and Structures 22, no. 10 (12, 2013).

<b>Modul</b>
<b>Modellierung und Tests in der Softwareentwicklung</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Peter Thiemann	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Sommersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	105	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	<b>180</b>	

<b>Voraussetzungen</b>
Fundierte Programmierkenntnisse
Im Rahmen des Studiengangs IEMS:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenmodul Entwurf, Analyse und Umsetzung von Algorithmen</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden lernen eine Palette von formalen und semiformalen Methoden zur Beschreibung von Programmiersprachen und zur Unterstützung der Softwareentwicklung kennen. Die Studierenden kennen die formalen Grundlagen der Methoden und ihre Grenzen. Sie erhalten Kenntnisse über Werkzeuge zur Unterstützung von Methoden und können diese einsetzen.</p> <p>Die Studierenden beherrschen grundlegende Testmethodiken und sind in der Lage ausgehend von Qualitätsanforderungen und formalen Spezifikationen Testpläne zu erstellen. Die Studierenden sind mit entsprechenden Testwerkzeugen vertraut und können automatische Testszenarien entwerfen, einsetzen und durchführen.</p>

### Lehrinhalt

Die Veranstaltung gliedert sich in vier Teile:

- Spezifikation durch Typen (Operationelle Semantik, Objektorientierte Typsysteme, Protocol Checking, Werkzeuge: ELF, Twelf)
- Spezifikation durch Logik: Design by Contract (Monitoring vs. Static Checking, Hoare Kalkül, Separation Logics, Erzeugung von Verification Conditions, Werkzeuge: ESC/Java, Spec#)
- Semiformale Techniken: UML (Klassendiagramme, Zustandsdiagramme, Aktivitätsdiagramme, OCL, Metamodellierung, Werkzeuge: Eclipse Modeling Framework EMF/GMF)
- Testen (Testfallgenerierung aus Vor- und Nachbedingungen, Coverage Kriterien, Werkzeuge: JUnit)

Bei den Werkzeugen handelt es sich jeweils um spezielle Software, die in den Übungen praktisch eingesetzt wird.

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

- B. Pierce: „Types and Programming Languages“. MIT Press, 2002.  
B. Meyer: „Object-Oriented Software Construction“, Prentice-Hall, 1997.  
D. F. D'Souza, A. C. Wills: „Objects, Components, Frameworks with UML: The Catalysis Approach“. Addison- Wesley, 1998.  
M. Richters: „Precise Approach to Validating UML Models and OCL Constraints“, Logos Verlag Berlin, 2002.  
B. Beizer: „Software Testing Techniques“, Von Nostrand Reinhold, 1990.  
M. Fewster, D. Graham: „Software Test Automation“. Addison Wesley, 1999.  
M. Broy, B. Jonsson, J-P. Katoen, M. Leucker, A. Pretschner: „Model-Based Testing of Reactive Systems: Advanced Lectures“. LNCS. Springer, 2005.

<b>Modul</b>
<b>Regelungstechnik</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Moritz Diehl	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosystemtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Sommersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	90	
	Online-Kommunikation	40	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	180	

<b>Voraussetzungen</b>
<p>Grundlagen der Mathematik wie sie in Veranstaltungen wie Mathematik für Ingenieure II gelehrt werden (Differentialgleichungen, Matrizen, Laplace-Transformation etc)</p> <p>Grundlagen in Elektrotechnik</p> <p>Im Rahmen des Studiengangs IEMS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenmodul Mikroelektronische Bauelemente und Grundschaltungen</li> <li>• Methodenmodul Entwurf von Mikrosystemen</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden besitzen die Kernkompetenzen der Ingenieurausbildung, d.h. sie kennen die wichtigsten Grundelemente und Strukturen dynamischer Systeme, ihre Beschreibungsformen und charakteristische Verhaltensweisen.</p> <p>Die Studierenden sind mit den fundamentalen Aufgabenstellungen der Regelungs- und Steuerungstechnik und adäquaten Methoden zu deren Behandlung vertraut.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, vorhandene oder auch neue technische Prozesse mathematisch zu beschreiben, zu analysieren und in gewünschter Weise zu automatisieren.</p>

### Lehrinhalt

1. Einführung
2. Modellierung dynamischer Systeme
3. Eingangs-Ausgangsdarstellung
4. Dynamisches Verhalten linearer Systeme
5. Laplacetransformation und Übertragungsfunktion
6. Frequenzgang und Bode-Diagramm
7. Regelungssysteme
8. Stabilität von Regelungssystemen
9. Der PID Regler
10. Reglerentwurf im Frequenzraum
11. Regelung im Zustandsraum
12. Zustandsschätzung
13. Zusammenfassung

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

- G. F. Franklin, J. D. Powell, A. Emami-Naeini: „Feedback Control of Dynamic Systems“, Pearson, 2010 (6. Aufl.).
- O. Föllinger: „Regelungstechnik. Einführung in die Methoden und ihre Anwendung“, Hüthig, 1994.
- J. Lunze: „Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen“, Springer, 2004.

<b>Modul</b>
<b>Sensorik</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Gerald Urban, Dr. Jochen Kieninger	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosystemtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Sommersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	105	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	<b>180</b>	

<b>Voraussetzungen</b>
Grundlagen der Elektrotechnik Grundlagen der Experimental-Physik I und II (empfohlen) Grundlagen der Festkörperphysik (empfohlen)
Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
Die Studierenden kennen alle wichtigen technischen Sensorprinzipien und deren Messbereiche und Genauigkeiten, Produktions- und Herstellungstechnologien. Die Studierenden kennen ausgewählte technische Aktorprinzipien und deren Anwendungsfelder und Fertigung. Die Studierenden haben ein Verständnis der Thermodynamik und der physikalischen Konversionsprinzipien zur Realisierung von Sensorfunktionen. Die Studierenden können für eine bestimmte Aufgabe das richtige Sensorprinzip und Messwerterfassung auswählen. Die Studierenden haben die Fähigkeiten, neue Sensorprinzipien und -technologien zu entwickeln.

### Lehrinhalt

Das Modul gibt einen Überblick über Methoden und Technologien zur Realisierung von Sensoren und Aktuatoren mit dem Fokus auf Mikrotechnologie. Beginnend mit den Grundlagen der Sensorik werden bionische Prinzipien und die Sensorthorie basierend auf der Thermodynamik gegeben. Das Modul beinhaltet die wichtigsten physikalischen Sensoren zur Messung von Temperatur, Kraft, Druck, Beschleunigung, Drehrate. Weiter werden Strömungs-, magnetische und Weg/Winkelsensoren präsentiert. In jedem Kapitel werden elektronische Interfaceschaltungen und Linearisierungen erläutert mit Schwerpunkt auf industrienaher technologischer Realisierung und Produktion. Mit Beispielen aus der Praxis werden die Probleme der Realität den Studierenden näher gebracht.

1. Thermodynamik
2. Temperatursensoren
3. Strahlungssensoren
4. Kraft, Druck, Beschleunigung
5. Strömungssensoren
6. Magnetsensoren
7. Messgröße Weg und Winkel

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

## Literatur

- W. Göpel, J. Hesse, N. Zemel: "Sensors. A Comprehensive Survey", Vol. 1-9, VHC.
- J. W. Gardner: „Microsensors, MEMS and Smart Devices: Technology, Applications and Devices“, Wiley, 2001.
- T. Elbel: „Mikrosensorik: Eine Einführung in Technologie und physikalische Wirkungsprinzipien von Mikrosensoren“, Teubner, 1996.
- H. Schaumburg: „Sensoren“, Teubner, 1992.
- W. Heywang: „Sensorik“, Springer, 1993 (4. Neub. Aufl.)
- S. Middelhoek: „Physics of Silicon Sensors: Microelectronics and Signal Processing“, Academic Press Inc, 1989.
- S. M. Sze: „Semiconductor Sensors“, Wiley, 1994.
- P. Profos, T. Pfeifer: „Handbuch der industriellen Messtechnik“, Oldenbourg, 1994 (6. Neub. Aufl.).
- H-R. Tränkler, L. M. Reindl: „Sensortechnik: Handbuch für Praxis und Wissenschaft“, Springer, 2014 (2. Neub. Aufl.).
- H. Janocha: „Aktoren. Grundlagen und Anwendung“, Springer, 1992.
- F. Völklein, T. Zetterer: „Einführung in die Mikrosystemtechnik“, Vieweg, 2000.

<b>Modul</b>
<b>Verifikation eingebetteter Systeme</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Bernd Becker, Prof. Dr. Christoph Scholl, Dr. Ralf Wimmer	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Wintersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	105	
	Online-Kommunikation	25	
	Präsenz	8	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	<b>180</b>	

<b>Voraussetzungen</b>
<p>Grundlagen der Technischen Informatik Grundlagen der Theoretischen Informatik</p> <p>Im Rahmen des Studiengangs IEMS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden kennen die Grundfragen der formalen Verifikation im Unterschied zur reinen Simulation von Schaltungen und Systemen und können davon ausgehend wichtige algorithmische Techniken anwenden und gegebenenfalls an neue Bedürfnisse anpassen.</p> <p>Die Studierenden lernen mögliche Gefahren im Falle des fehlerhaften Entwurfs eingebetteter Systeme zu erkennen und das Instrumentarium zum Nachweis und zur Vermeidung solcher Fehler (insbesondere durch formale Methoden) zu beherrschen.</p>

### Lehrinhalt

Viele moderne Produkte basieren auf mikroelektronischen Komponenten, deren korrekte Bauweise und zuverlässige Funktionalität unter Umständen – etwa in der Medizintechnik oder der Autoelektronik – lebenswichtig sein können. Daher werden hohe Anforderungen an die Qualität der in den Produkten eingesetzten mikroelektronischen Systeme gestellt. In diesem Modul lernen die Studierenden verschiedene Verifikationsmethoden für digitale Komponenten kennen, mit denen es ihnen gelingt, subtile Fehler in Protokollen und Hardwareimplementierungen aufzuspüren und Entwicklungsfehler zu vermeiden.

Damit ein mikroelektronisches System den Ansprüchen an seine Qualität gerecht werden kann, muss es – neben weiteren Anforderungen wie der fehlerfreien Funktionsweise zum Zeitpunkt der Herstellung und über einen längeren Zeitraum hinweg – korrekt entsprechend der Spezifikation entworfen sein. Mit verschiedenen Verifikationsmethoden können sowohl Systemeigenschaften formal nachgewiesen werden als auch die Übereinstimmung des Entwurfs mit einer gegebenen Spezifikation überprüft werden.

Neben existierenden Basistechniken zur formalen Verifikation machen die Studierenden sich darauf aufbauend mit Ansätzen zum Äquivalenzvergleich sowie zur Eigenschaftsprüfung vertraut. Die erworbenen Kenntnisse sind grundlegend nicht nur für die Verifikation von digitalen Schaltungen, sondern bilden auch das Fundament der Verifikationstechniken für (eingebettete) Software und hybride Systeme.

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

T. Kropf: „Introduction to Formal Hardware Verification“, Springer, 1999.

E. Clarke, O. Grumberg, D. Peled: „Model Checking“, MIT Press 1999.

G. Hachtel, F. Somenzi: „Logic Synthesis and Verification Algorithms“, Kluwer Academic Publishers, 1996.



R. Drechsler, B. Becker: „Graphenbasierte Funktionsdarstellung: Boolesche und Pseudo-boolesche Funktionen“, Teubner, 1998.

<b>Modul</b>
<b>Vernetzte eingebettete Systeme</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Vertiefungsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Axel Sikora, Prof. Dr. Kristof van Laerhoven	<b>Einrichtung</b>	HS Offenburg, Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Englisch/Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Wintersemester)
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	92	
	Online-Kommunikation	30	
	Präsenz	16	
	Kompetenznachweis	42	
	<b>Summe</b>	180	

<b>Voraussetzungen</b>
<p>Grundlegende Kenntnisse in Nachrichtentechnik          Grundlegende Kenntnisse in Kommunikationstechnik (ISO-OSI-Referenzmodell, Aufbau von Protokollstapeln)</p> <p>Im Rahmen des Studiengangs IEMS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden sind in der Lage, die wichtigsten Besonderheiten und Herausforderungen bei der drahtlosen und drahtgebundenen Vernetzung verteilter eingebetteter Systeme zu verstehen.</p> <p>Die Studierenden kennen den internen Aufbau von Kommunikationsprotokollen.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, für die verschiedenen Anwendungen im Bereich Cyber Physical Systems optimale Kommunikationsprotokolle auszuwählen und einzusetzen.</p> <p>Die Studierenden können Anpassungen und Erweiterungen zu Kommunikationsprotokollen selbst entwerfen.</p>

Die Studierenden kennen die grundlegenden Funktionen der Entwicklungsumgebung Contiki. Die Studierenden können mit Hilfe der in Contiki bereitgestellten Simulationsumgebung Anwendungen drahtloser Sensornetzwerke simulieren.

### Lehrinhalt

Im Rahmen dieses Moduls werden die Grundlagen geschaffen, vernetzte eingebettete Systeme (auch cyberphysische Systeme - CPS) zu verstehen und zu bewerten. Mit dem Wissen um die Herausforderungen bei der Vernetzung sind die Studierenden in der Lage, cyberphysische Systeme zu planen und einzusetzen.

Das Modul legt zunächst die Grundlagen im Bereich der Kommunikationsprotokolle und diskutiert dabei die spezifischen Eigenschaften sowohl drahtgebundener Protokolle wie CAN und Profibus als auch drahtloser Protokolle wie W-Lan und ZigBee. Insbesondere wird im Bereich der immer wichtiger werdenden drahtlosen Kommunikation erarbeitet, welche Herausforderungen hinsichtlich Sicherheit, Echtzeitfähigkeit und Energieeffizienz in dieser Anwendungsdomäne bestehen.

Darauf aufbauend befassen die Studierenden sich mit den anwendungsspezifischen Aspekten von verteilten und miteinander vernetzten eingebetteten Systemen. Anhand zweier Beispiele aus der Praxis lernen sie, welche Auswirkungen Design-Entscheidungen, wie etwa ein spezifisches Routing-Protokoll, auf eine mögliche Implementierung haben. Mithilfe der Entwicklungsumgebung Contiki werden sie auf Simulationsbasis beispielhafte vernetzte eingebettete Systeme umsetzen und die Auswirkungen Ihrer Design-Entscheidungen auf die Kommunikation der Module untereinander „hautnah“ erfahren.

Mit dem erworbenen Wissen sind die Studierenden in der Lage, die spezifischen Herausforderungen bei der Vernetzung eingebetteter Systeme zu verstehen. Sie kennen nicht nur den Aufbau von Kommunikationsprotokollen, sondern können die verschiedenen Optionen gegenüberstellen und hinsichtlich eines spezifischen Einsatzszenarios bewerten. Weiterhin sind sie mit den grundlegenden Funktionen der Entwicklungsumgebung Contiki vertraut, die es ihnen ermöglicht, Anwendungen drahtloser Sensornetzwerke zu simulieren.

1. Motivation und Einführung
2. Überblick Kommunikationsmodelle und -Protokolle (Client-Server, Peer-to-Peer, ...)
3. Grundlagen der draht(un)gebundenen Bitübertragungsschicht (Physical Layer)
4. Grundlagen der Vermittlungsschicht (Data Link Layer)
5. Netzwerk-Management
6. Beispiele drahtgebundener Kommunikationsprotokolle
7. Kommunikationsprotokolle für die Gebäude-Automatisierung
8. Praxisbeispiele – Arbeit mit der Entwicklungsumgebung Contiki

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Präsenztag in Freiburg



Abschließende Prüfung in Freiburg

### Literatur

- G. Schnell, B. Wiedemann: „Bussysteme in der Automatisierungs- und Prozesstechnik: Grundlagen, Systeme und Trends der industriellen Kommunikation“, Vieweg+Teubner Verlag, 2008.
- Z. Shelby, C. Bormann: „6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet“, John Wiley & Sons, 2009.
- A. Sikora: „Technische Grundlagen der Rechnerkommunikation: Internet-Protokolle und Anwendungen“, Carl Hanser Verlag, 2003.
- T. Bauernhansl, M. ten Hompel, B. Vogel-Heuser (Hrsg.): „Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration“, Springer, 2014.
- A. Bensky: „Short-range Wireless Communication: Fundamentals of RF System Design and Application“, Elsevier, 2004.



# Managementmodule

Neben Methoden-, Basis- und Vertiefungsmodulen werden einige weitere Module angeboten. Abhängig vom Studienplan müssen die weiteren Module in unterschiedlicher Anzahl belegt werden.

Die Betreuung erfolgt durch Dozierende sowie Tutoren und Tutorinnen der DHBW und Universität sowie durch Fachexperten aus der freien Wirtschaft.

Eine Prüfungsleistung aus dem Bereich der weiteren Module kann einmal wiederholt werden.

<b>Modul</b>
<b>Projektmanagement (PM) und Gewerblicher Rechtsschutz (GR)</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Managementmodul I Ein Managementmodul ist verpflichtend zu belegen. Studierende mit einem forschungsorientierten Abschluss mit weniger als 240 ECTS müssen zwei Managementmodule belegen.		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Christian Geißler, Gerd Koepe LL.M.	<b>Einrichtung</b>	extern
<b>ECTS-Punkte</b>	6 (3 pro Teilmodul)	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	<b>PM:</b> Projektdokumentation, Präsentation <b>GR:</b> schriftlich

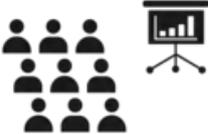
<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Wintersemester)																		
<b>Workload</b>	<b>Art</b>  Selbstlernphase Online-Kommunikation Präsenz Kompetenznachweis <b>Summe</b>	<b>Workload in h</b>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>PM</th> <th>GR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>30</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>28</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>12</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>20</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>90</b></td> <td><b>90</b></td> </tr> </tbody> </table>			PM	GR	Selbstlernphase	30	32	Online-Kommunikation	28	10	Präsenz	12	16	Kompetenznachweis	20	32	<b>Summe</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
	PM	GR																			
Selbstlernphase	30	32																			
Online-Kommunikation	28	10																			
Präsenz	12	16																			
Kompetenznachweis	20	32																			
<b>Summe</b>	<b>90</b>	<b>90</b>																			

<b>Voraussetzungen</b>
Keine

<b>Lernziele</b>	
<b>Projektmanagement</b>	<b>Gewerblicher Rechtsschutz</b>
Die Studierenden sollen am Ende dieser Studieneinheit Folgendes erreicht haben: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notwendigkeit, Ziele und Gegenstand des Projektmanagements kennen,</li> <li>• Projektmanagement als komplexes Problemlösen begreifen,</li> <li>• Begriffe wie „Projekt“ und „Projektmanagement“ und andere relevante Begriffe erläutern,</li> </ul>	Die Studierenden kennen die Grundlagen des gewerblichen Rechtsschutzes. Die Studierenden sind in der Lage, Informationen aus Schutzrechten (insbesondere Patenten) für die eigene Forschung zu verwenden.

<ul style="list-style-type: none"><li>• Projektziele formulieren und ein Projekt hinreichend beschreiben sowie</li><li>• eine „systemische Projektsicht“ entwickeln können,</li><li>• den adäquaten Einsatzes und kompetenten Umgangs mit den Instrumenten und Techniken der Projektplanung erlernt haben,</li><li>• Profile und Aufgaben des/der Projektmanager/in und des/der Projekt-leiters/in kennen und</li><li>• die Kosten eines Projektes einschätzen können.</li></ul>	<p>Die Studierenden sind in der Lage, Probleme im Umgang mit geistigem Eigentum zu lösen.</p> <p>Die Studierenden wissen um die Möglichkeiten der Sicherung des Finanzierungs-Rückflusses bei der Verwertung von Erfindungen.</p>
--	---

<b>Lerninhalt</b>	
<p><b>Projektmanagement</b></p> <p>In der Theorie wird ein „Projekt“ als ein Vorhaben bezeichnet, das im Wesentlichen durch die Einmaligkeit seiner Bedingungen in der Gesamtheit gekennzeichnet ist. Dies bezieht sich auf die Zielvorgabe, Begrenzungen zeitlicher, finanzieller und personeller Art, Organisationsform oder durch die Abgrenzung gegenüber anderen Vorhaben. In der Praxis wird ein Projekt durch folgende Begrenzungen definiert: ein Vorhaben, das in vorgegebener Zeit und mit beschränktem Aufwand ein eindeutiges Ziel erreichen soll, wobei der genaue Lösungsweg weder vorgegeben noch bekannt ist. Alternativ kann die Einmaligkeit auch unter dem Gesichtspunkt bestehender Risiken (Termin-, Kosten- oder Qualitätsrisiko) festgestellt werden.</p> <p>Die Studierenden werden mit einem ausführlichen Skript in die theoretischen Grundlagen des Projektmanagements eingeführt. Die Studierenden lernen im Rahmen dieses Moduls sowohl die theoretischen Grundlagen, als auch die praktischen Probleme des Projektmanagements kennen. Anhand eines im Team zu bearbeiteten Projekts wird in der Abschlussveranstaltung das erlernte Wissen durch eine Präsentation des erarbeiteten Projekts überprüft.</p>	<p><b>Gewerblicher Rechtsschutz</b></p> <p>Kenntnisse im Gewerblichen Rechtsschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• in Deutschland</li><li>• im EU-weiten Umfang</li><li>• in wichtigen, insbesondere für Forschungsaufenthalte relevanten Ländern in Übersee</li></ul> <p>Weitere Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Was ist geistiges Eigentum?</li><li>• Geschichte geistigen Eigentums</li><li>• Kritik am klassischen System geistigen Eigentums</li><li>• Rechtliche Rahmenbedingungen zum Schutz geistigen Eigentums</li><li>• Unterstützung bei Problemen mit geistigem Eigentum</li></ul> <p>Des Weiteren werden Basis-Kenntnisse zur Nutzung von Informationen, die aus gewerblichen Schutzrechten (insbesondere Patenten) gezogen werden können, in der eigenen Forschung vermittelt.</p>

Ablauf	
<p><b>Projektmanagement</b></p>  <p>Einführungsveranstaltung in Freiburg</p>  <p>Projektbearbeitung</p>  <p>Abschlusspräsentation</p>	<p><b>Gewerblicher Rechtsschutz</b></p>  <p>Präsenzwochenende in Freiburg</p>  <p>E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten</p>  <p>Abschließende Prüfung in Freiburg</p>

Literatur	
<p><b>Projektmanagement</b></p> <p>H. Schelle: „Projekte zum Erfolg führen: Projektmanagement systematisch und kompakt.“ Deutscher Taschenbuch Verlag, 2004.</p> <p>H.Schulz-Wimmer: „Projekte managen: Werkzeuge für effizientes Organisieren, Durchführen und Nachhalten von Projekten.“, Haufe-Lexware, 2007.</p> <p>S. Peipe: „Crashkurs Projektmanagement“, Haufe-Lexware, 2003.</p> <p>T. Bohinc: „Projektmanagement: Soft Skills für Projektleiter“, GABAL, 2006.</p>	<p><b>Gewerblicher Rechtsschutz</b></p> <p>H. Eisenmann, U. Jautz: „Grundriss Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht“, C.F. Müller, 2006.</p> <p>S. Burkart: „Globalisierung und gewerblicher Rechtschutz: Produktpiraterie als Herausforderung an das unternehmerische Schutzrechtsmanagement“, Diplomarbeiten Agentur, 2006.</p>

<b>Modul</b>
<b>Projektmanagement in Software Engineering für Embedded Systems</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Managementmodul II Ein Managementmodul ist verpflichtend zu belegen. Studierende mit einem forschungsorientierten Abschluss mit weniger als 240 ECTS müssen zwei Managementmodule belegen.		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Eckhart Hanser, Prof. Dr. Reiner Göppert, Dr. Tobias Schubert	<b>Einrichtung</b>	DHBW Lörrach, Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Prüfungsleistung</b>	mündlich oder schriftlich

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Wintersemester)												
<b>Workload</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0e0e0;">Art</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;"><b>Summe</b></td> <td style="background-color: #e0e0e0;"><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>		Art	Workload in h	Selbstlernphase	64	Online-Kommunikation	54	Präsenz	32	Kompetenznachweis	30	<b>Summe</b>	<b>180</b>	
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	64														
Online-Kommunikation	54														
Präsenz	32														
Kompetenznachweis	30														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
Grundlegende Programmierkenntnisse in einer objektorientierten Programmiersprache (z.B. Java, C++) Teamfähigkeit

<b>Lernziele</b>
Die Studierenden kennen die Merkmale und den Ablauf aktueller klassischer Vorgehensmodelle bzw. agiler Modelle im Softwareentwicklungsbereich. Die Studierenden kennen das Vorgehen bei FMEA als Methode für die Risikoanalyse. Sie können Vor- und Nachteile ausgewählter Vorgehensmodelle im Kontext von Embedded Systems herausstellen.

Die Studierenden können Einsatzmöglichkeiten eines ausgewählten Modells im unternehmenseigenen Umfeld bzw. im Kontext von Embedded Systems hinterfragen.

Die Studierenden besitzen ein Verständnis über die Rollen bei SCRUM.

Die Studierenden können ein Software-Projekt aus dem Embedded-Bereich mit Hilfe von SCRUM umsetzen.

Die Studierenden können die SCRUM-Artefakte erstellen.

Die Studierenden können die Projektplanung und -durchführung und ihren eigenen Lernfortschritt begutachten, evaluieren und daraus Schlüsse für zukünftige Projekte ziehen.

### Lehrinhalt

Software-Entwicklungsprojekte scheitern häufig nicht an technologischen Problemen. In vielen Fällen sind organisatorische Probleme und Projektleitungsdefizite Gründe für das Scheitern von Projekten.

- Inhaltlicher und organisatorischer Überblick über Projektmanagement in Software Engineering für Embedded Systems
- Einführung in Gruppenarbeitsmethoden über Ilias (Forum, Wiki, Etherpad, Adobe Connect etc.)
- Prozessmodelle: Wasserfall-Modell, V-Modelle (V-Modell, V-Modell XT)
- Agile Methoden: SCRUM, Agiles Manifest und Extreme Programming
- Risikoanalyse (FMEA Analyse)
- Vertiefung eines ausgewählten SE-Modells
- Vor- und Nachteile von Prozessmodellen im Allgemeinen und im Anwendungsgebiet Embedded Systems
- Selbst- und Fremdeinschätzung bzgl. Rollen im Team
- Bearbeitung eines Projekts aus der Embedded-Praxis, das nach der agilen Methode SCRUM durchgeführt wird
- Projektdokumentation (SCRUM-Artefakte)
- Zielgruppenspezifische Präsentation der Projektergebnisse
- Reflektion der Projektarbeit

## Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Präsenzwochenende in Freiburg



Projektbearbeitung



Abschlusspräsentation in Freiburg

## Literatur

E. Hanser: „Agile Prozesse: Von XP über Scrum bis MAP“, Springer, 2010.  
W. Hesse: „V-Modelle für den Software-Entwicklungsprozess“, Springer, 2008.



# Praktikumsmodule

Neben Methoden-, Basis-, Vertiefungs- und Managementmodulen werden einige weitere Module angeboten. Abhängig vom Studienplan müssen die weiteren Module in unterschiedlicher Anzahl belegt werden.

Die Betreuung erfolgt durch Dozierende sowie Tutoren und Tutorinnen der DHBW und Universität sowie durch Fachexperten aus der freien Wirtschaft.

Eine Prüfungsleistung aus dem Bereich der weiteren Module kann einmal wiederholt werden.

<b>Modul</b>
<b>Praktikum Microcontroller und FPGA-Systeme</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Praktikumsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Bernd Becker, Dr. Tobias Schubert	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Studienleistung</b>	Protokolle, Vorführung & Abschlussgespräch

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Wintersemester)												
<b>Workload</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>			Art	Workload in h	Selbstlernphase	105	Online-Kommunikation	25	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	105														
Online-Kommunikation	25														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden lernen die konkrete Erscheinungsform abstrakter Konzepte und Methoden in heutigen Systemen der Informatik und Mikrosystemtechnik kennen.</p> <p>Die Studierenden können auch komplexe Systeme zur Hard- und Softwareentwicklung handhaben und ihre Einsatzmöglichkeiten zur Lösung anspruchsvoller Aufgaben beurteilen.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, in begrenzter Zeit mit den zur Verfügung gestellten Mitteln eine definierte Aufgabe zu lösen, deren Lösung zu dokumentieren und abschließend zu präsentieren.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, kombinatorische und sequentielle Schaltkreise zu entwickeln, mit entsprechenden Werkzeugen am Rechner zu simulieren und in eine reale Umgebung einzubetten.</p>

Die Studierenden haben zudem Kenntnisse in den Bereichen FPGA-Programmierung sowie HW/SW-CoDesign und können für eine gestellte Aufgabe entscheiden, welche Teile in Software und welche in Hardware realisiert werden sollten.

### Lehrinhalt

Mit Hilfe eines mobilen FPGA-basierten Entwicklungssystems, das neben einem FPGA sowohl analoge als auch digitale Bausteine, wie Sensoren, Aktuatoren und einen programmierbaren Mikroprozessor enthält und per USB-Schnittstelle mit Ihrem PC verbunden werden kann, erproben die Studierenden in diesem Modul die Entwicklung, Simulation und Einbettung von Schaltkreisen sowie die Programmierung von Mikroprozessoren.

Wie im modernen Entwurfsprozess üblich, bauen die Studierenden kombinatorische und sequentielle Schaltungen nicht aus diskreten Bauteilen auf, sondern entwickeln und simulieren derartige Schaltungen, bevor diese mit programmierbaren Bausteinen (FPGAs) in eine vorgegebene Hardwareumgebung eingebettet werden. Bei der Lösung verschiedener Aufgabenstellungen setzen die Studierenden entsprechende Algorithmen und Datenstrukturen auf einem von Ihnen zu programmierenden Mikroprozessor um. Dabei meistern die Studierenden die Herausforderung, den eingeschränkten Ressourcen der gegebenen Hardwareumgebung gerecht zu werden und angepasste Lösungsstrategien zu entwickeln.

Ein Hauptaugenmerk legen die Studierenden auf die sogenannte Hardware/Software-Partitionierung, bei der Sie je nach Aufgabenstellung entscheiden, welche Module in Hardware und welche in Software realisiert werden sollten, um ein möglichst effizientes Gesamtsystem zu erhalten.

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Mobiles Hardwarepraktikum



Abschließende Prüfung: Abgabe der Übungsblätter



## Literatur

Quartus II Tutorial

The S-Trike Robot Kit

DE0-Nano User Manual

ATmega328p Data Sheet

J. Reichardt, B. Schwarz: „VHDL-Synthese: Entwurf digitaler Schaltungen und Systeme“, Oldenburg, 2015 (7. Neub. Aufl.).

J. Reichardt: „Lehrbuch Digitaltechnik: Eine Einführung mit VHDL“, Oldenburg, 2013 (Neub. Aufl.).

P. Ashenden: „The Designer’s Guide to VHDL“, Morgan Kaufmann, 2006 (3. Aufl.).

J. Ritter, P. Molitor: „VHDL: Eine Einführung“, Pearson, 2004.

<b>Modul</b>
<b>Praktikum Messtechnik und Sensorik</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Praktikumsmodul Frei wählbar in der laut Studienplan benötigten Anzahl		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Leonhard Reindl, Christoph Bohnert	<b>Einrichtung</b>	Institut für Mikrosys- temtechnik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Studienleistung</b>	Protokolle

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Ange- bot (vorwiegend Som- mersemester)												
<b>Workload</b>	<table border="0"> <tr> <td><b>Art</b></td> <td><b>Workload in h</b></td> </tr> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </table>		<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	Selbstlernphase	85	Online-Kommunikation	25	Präsenz	24	Kompetenznachweis	50	<b>Summe</b>	<b>180</b>	
<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>														
Selbstlernphase	85														
Online-Kommunikation	25														
Präsenz	24														
Kompetenznachweis	50														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> <li>• Das zum Themengebiet passende Vertiefungsmodul (empfohlen)</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden kennen die konkrete Erscheinungsform abstrakter Konzepte und Methoden in heutigen Systemen der Informatik und Mikrosystemtechnik.</p> <p>Die Studierenden können auch komplexe Systeme zur Hard- und Softwareentwicklung handhaben und ihre Einsatzmöglichkeiten zur Lösung anspruchsvoller Aufgaben beurteilen.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, in begrenzter Zeit mit den zur Verfügung gestellten Mitteln eine definierte Aufgabe zu lösen, deren Lösung zu dokumentieren und abschließend zu präsentieren.</p> <p>Des Weiteren kennen die Studierenden die wichtigsten Prinzipien der elektrischen Messtechnik.</p> <p>Mit dem praktischen Umgang mit Messtechnik-Hardware, wie Sensoren, Labor-Messgeräten, Oszilloskop, Messdatenerfassungs-PC sowie dem praktischen Einsatz der Instrumentierungs-Software LabView sind die Studierenden vertraut.</p>

Die Studierenden sind in der Lage Messungen selbstständig vorzubereiten, durchzuführen, zu dokumentieren und auszuwerten und können aus den Messergebnissen Schlussfolgerungen ableiten.

Die Studierenden können Messfehler analysieren und abschätzen, sowie deren stochastische Effekte berücksichtigen und sind ebenfalls in der Lage, die Qualität der Messungen kritisch zu beurteilen und Grenzen aufzuzeigen.

Die Studierenden sind in der Lage, eigene Messungen wissenschaftlich korrekt zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu interpretieren. Sie haben ein Bewusstsein für die Lokalisierung von Fehlerquellen und können auftretende Messfehler qualitativ und quantitativ beurteilen.

### Lehrinhalt

Das Praktikum schließt in der Regel an das Vertiefungsmodul „Messdatenerfassung und -verarbeitung“ an, kann aber auch eigenständig absolviert werden. Es dient dazu, den Studierenden die theoretisch vermittelten Konzepte und Methoden anhand wohl definierter Aufgaben näherzubringen und den Praxisbezug herzustellen.

Die Versuche sind auf Anwendungen in der Mikrosystemtechnik abgestimmt. Deshalb werden vorzugsweise Sensoren aus diesem Bereich verwendet. Dennoch sind die Prinzipien möglichst allgemeingültig gehalten.

Das Praktikum vermittelt zunächst grundlegende Erfahrungen in der elektrischen Messung physikalischer und mechanischer Größen wie Weg, Winkel, Kraft, Dehnung, Temperatur, magnetische Feldstärke, etc.

Nach der Messung elektrischer Größen, wie Spannung, Strom, Widerstand und Impedanz, werden elementare elektronische Messschaltungen aufgebaut und angewendet. Der Umgang mit typischen Labormessgeräten, wie Oszilloskop, Digitalmultimeter und Frequenzgenerator wird vertieft. Die Datenerfassung und Auswertung der Datensätze kann dabei über LabView erfolgen.

Bei den Versuchsprotokollen wird besonderen Wert auf die Erstellung aussagekräftiger Auswertungen und die Betrachtung der auftretenden Messfehler gelegt. Die äußere Form der Ausarbeitungen muss dabei normgerecht erfolgen.

## Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



2 Präsenzpraktika in Freiburg



Abschließende Prüfung: Nachbereitung des Praktikums

## Literatur

E. Schrüfer: „Elektrische Messtechnik“, Hanser, 2012 (10. Neub. Aufl.).

W. Schmusch: „Elektrische Messtechnik“, Vogel, 2001 (5. Neub. Aufl.)

P. Profos, T. Pfeifer: „Grundlagen der Messtechnik“, Oldenbourg Verlag, 1992 (3. Aufl.)

W.-J. Becker, K.W. Bonfig, K. Höing: „Handbuch Elektrische Messtechnik“, Hüthig Verlag, 1999.



# Weitere Module

Neben Methoden-, Basis-, Vertiefungs-, Praktikums- und Managementmodulen werden einige weitere Module angeboten. Abhängig vom Studienplan müssen die weiteren Module in unterschiedlicher Anzahl belegt werden.

Die Betreuung erfolgt durch Dozierende sowie Tutoren und Tutorinnen der DHBW und Universität sowie durch Fachexperten aus der freien Wirtschaft.

Eine Prüfungsleistung aus dem Bereich der weiteren Module kann einmal wiederholt werden.

<b>Modul</b>
<b>Wissenschaftliches Arbeiten</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Verpflichtend zu belegendes Modul für alle Studierende mit einem anwendungsorientierten Abschluss mit 180 ECTS oder forschungsorientierten Abschluss mit weniger als 240 ECTS; empfohlen im 6. Semester; freiwillige Belegung zur Vorbereitung auf die Masterarbeit empfohlen		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Bernd Becker, Dr. Ralf Wimmer	<b>Einrichtung</b>	Institut für Informatik
<b>ECTS-Punkte</b>	6	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch	<b>Studienleistung</b>	Referat und Hausarbeit

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	Unregelmäßiges Angebot (vorwiegend Sommersemester)												
<b>Workload</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Workload in h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selbstlernphase</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>Online-Kommunikation</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Präsenz</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kompetenznachweis</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td><b>180</b></td> </tr> </tbody> </table>		Art	Workload in h	Selbstlernphase	95	Online-Kommunikation	35	Präsenz	8	Kompetenznachweis	42	<b>Summe</b>	<b>180</b>	
Art	Workload in h														
Selbstlernphase	95														
Online-Kommunikation	35														
Präsenz	8														
Kompetenznachweis	42														
<b>Summe</b>	<b>180</b>														

<b>Voraussetzungen</b>
Vertiefte Kenntnisse im jeweiligen Sachgebiet des gewählten Themas Im Rahmen des Studiengangs IEMS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden verfügen über methodische Kenntnisse, die zur Vorarbeit und zum Verfassen wissenschaftlicher Texte notwendig sind.</p> <p>Die Studierenden erkennen das Wesen und den Nutzen wissenschaftlichen Arbeitens und werden befähigt, sich schnell und zielsicher einen Überblick über den aktuellen Diskussionsstand eines Forschungsgebietes zu verschaffen.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, unterschiedliche aktuelle Forschungsthemen anhand von Originalliteratur zu erarbeiten.</p> <p>Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, wissenschaftliche Ausarbeitungen von Peers anhand von Kriterien zu beurteilen.</p>

Die Studierenden sind in der Lage, ein Exposé für ein von Ihnen zu bearbeitendes Thema (inkl. Projektplan) zu erstellen.

Die Studierenden sind in der Lage, mit wissenschaftlichen Auffassungen anderer umzugehen und diese in einer für Dritte verständlichen Form darzustellen.

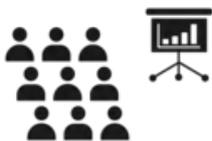
### Lehrinhalt

Wissenschaftliches Arbeiten folgt bestimmten Regeln, die einige Fallstricke bereithalten. Grundlage für das wissenschaftliche Arbeiten ist eine umfassende Informationskompetenz, unter der die gezielte Suche nach sowie Bewertung und begründete Auswahl von Informationsquellen verstanden werden kann. In diesem Modul erwerben die Studierenden Kompetenzen, die ihnen das wissenschaftliche Arbeiten erleichtern und sie auf die Anfertigung einer Masterarbeit vorbereiten. Sie erwerben die notwendige Analysefähigkeit, das Wesen und den Nutzen wissenschaftlichen Arbeitens zu erkennen und werden befähigt, sich schnell und ziel-sicher einen Überblick über den aktuellen Diskussionsstand eines Forschungsgebietes zu verschaffen.

Durch den Umgang und die Auseinandersetzung mit wissenschaftlicher Literatur entwickeln die Studierenden umfassende Fertigkeiten zur kompetenten Nutzung von Informationen aus traditionellen sowie digitalen Medien zum wissenschaftlichen Arbeiten. Dazu gehören neben relevantem Faktenwissen (z.B. korrektes Zitieren, Gliederung von Arbeiten) auch das Wissen über Abläufe (z.B. Recherchetechniken, Bewertung von Informationen) sowie soziale und kommunikative Fähigkeiten (z.B. Kollaboration durch Begutachtung von Arbeiten Ihrer Mitler-nenden).

Die Studierenden erarbeiten sich unterschiedliche aktuelle Forschungsthemen, in der Regel anhand von Originalliteratur und lernen die spezifischen Methoden wissenschaftlichen Arbeitens im Bereich der Informatik und der Mikrosystemtechnik kennen. Darüber hinaus lernen die Studierenden, mit den wissenschaftlichen Auffassungen anderer umzugehen und diese in einer für Dritte verständlichen Form darzustellen und zu präsentieren

### Ablauf



Einführungsveranstaltung in Freiburg



E-Learning mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung: Ausarbeitung und Präsentation



<b>Literatur</b>
Abhängig vom gewählten Thema

<b>Modul</b>
<b>Teamprojekt</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Verpflichtend zu belegendes Modul für alle Studierende mit einem anwendungsorientierten Abschluss mit 180 ECTS oder forschungsorientierten Abschluss mit weniger als 240 ECTS; empfohlen im 6. Semester		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Alle Professoren des Studiengangs	<b>Einrichtung</b>	Technische Fakultät
<b>ECTS-Punkte</b>	12	<b>Moduldauer</b>	1 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch	<b>Studienleistung</b>	Protokolle oder Referat und Hausarbeit ggf. mit Abschlusskolloquium

<b>Modultyp</b>	Blended Learning	<b>Angebotsfrequenz</b>	unregelmäßig
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	200	
	Online-Kommunikation	60	
	Präsenz	30	
	Kompetenznachweis	70	
	<b>Summe</b>	<b>360</b>	

<b>Voraussetzungen</b>
<p>Gute Kenntnisse im Programmieren und in Softwaretechnik          Vertrautheit mit der Nutzung von Software-Entwicklungsumgebungen, Programmbibliotheken und Dokumentationssystemen          Vertiefte Kenntnisse im jeweiligen Sachgebiet des Projektes</p> <p>Im Rahmen des Studiengangs IEMS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismodul Hardware und Software eingebetteter Systeme</li> </ul>

<b>Lernziele</b>
<p>Die Studierenden können ein Problem im Team selbständig nach wissenschaftlichen Methoden lösen und die Ergebnisse sachgerecht darstellen.          Die Studierenden sind in der Lage, die für das Projekt relevante Literatur zu recherchieren, aufzuarbeiten und zu nutzen.</p>

### Lehrinhalt

Eine offen formulierte Aufgabe aus dem Forschungs- und Kompetenzbereich des betreuenden Dozenten / der betreuenden Dozentin soll im Team (dies kann auch Mitarbeiter/ innen des Lehrstuhls des Dozenten / der Dozentin enthalten) bearbeitet werden. Die Aufgabe kann ggf. auch aus dem beruflichen Umfeld des/der Studierenden stammen. Sie schließt die Aufbereitung des Standes der Forschung, eine Abschlussdokumentation und Präsentation mit ein. In der schriftlichen Ausarbeitung sollen die Einzelleistungen der Teammitglieder erkennbar und bewertbar dargestellt werden. Die Dauer der individuellen Präsentation sollte auf die Teammitglieder in etwa gleich verteilt sein.

### Ablauf



Eigenarbeit mit Unterstützung von Fachexperten



Abschließende Prüfung: Ausarbeitung/ Präsentation/ etc.

### Literatur

Abhängig vom jeweiligen Projektthema

<b>Modul</b>
<b>Masterarbeit</b>

<b>Bedeutung innerhalb des Curriculums</b>	Abschlussarbeit		
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Professoren des Studiengangs	<b>Einrichtung</b>	Technische Fakultät
<b>ECTS-Punkte</b>	30	<b>Moduldauer</b>	1-2 Semester
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch	<b>Prüfungsleistung</b>	Masterarbeit und Präsentation

<b>Modultyp</b>	Abschlussarbeit	<b>Angebotsfrequenz</b>	Jedes Semester
<b>Workload</b>	<b>Art</b>	<b>Workload in h</b>	
	Selbstlernphase	750	
	Online-Kommunikation	50	
	Präsenz	10	
	Kompetenznachweis	90	
	<b>Summe</b>	<b>900</b>	

<b>Voraussetzungen</b>
Erfolgreicher Abschluss vorhergehender Module; Erwerb von 252 ECTS-Punkten (aus Master und erstem qualifizierenden Abschluss)

<b>Lernziele</b>
Mit der Masterarbeit zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus Wissenschaft und Forschung selbständig auf Grundlage der im Master-Studiengang erzielten Qualifikationen zu bearbeiten. Die Präsentation zeigt das übergreifende Verständnis des erarbeiteten Themas und stellt unter Beweis, dass wissenschaftliche Themen der Forschung kurz und prägnant für ein Fachpublikum dargestellt werden können.

### Lehrinhalt

Die Masterarbeit kann in Kooperation mit einem Unternehmen erfolgen; die Themenstellung, wissenschaftliche Betreuung und Beurteilung obliegen einem Dozenten der Universität Freiburg, u.U. in Kooperation mit einem Dozenten der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Lörrach.

Anforderungen:

- Bearbeitung der gestellten Aufgabe
- Schriftliche Ausarbeitung der wissenschaftlichen Arbeit, deren Ablauf und Ergebnisse unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen wissenschaftlichen Grundlagen
- Abschlusspräsentation der Arbeit

### Ablauf



Eigenarbeit mit Unterstützung von Fachexperten



Mastervortrag in Freiburg

### Literatur

Abhängig von der jeweiligen Thematik