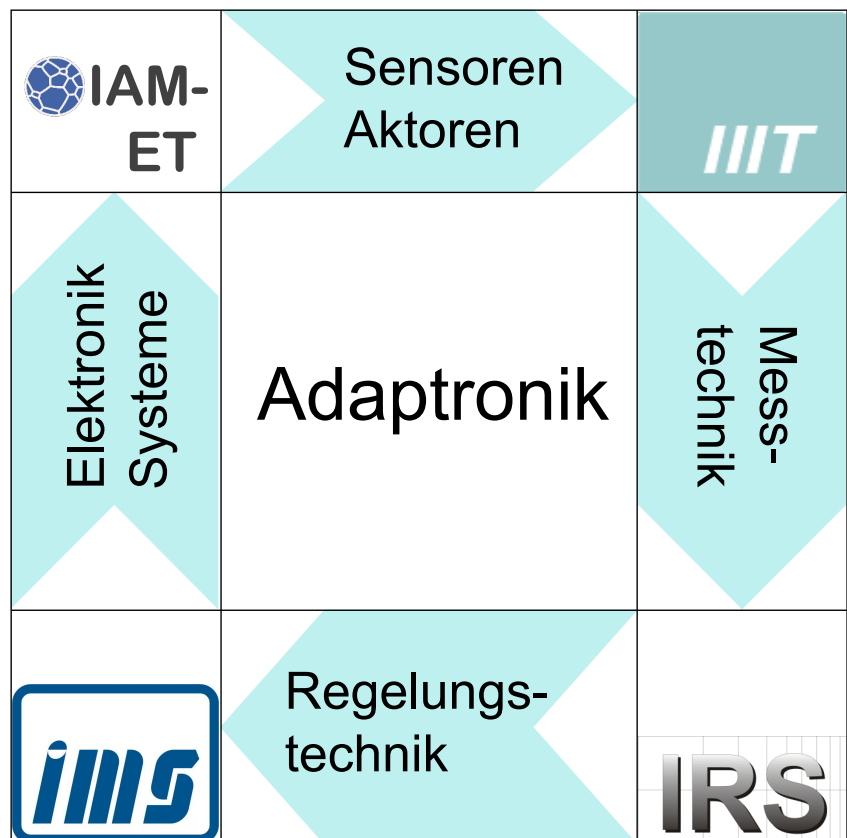


# Vertiefungsrichtung 7 Adaptronik

## Masterstudiengang Elektrotechnik und Informationstechnik



### Beratung

Dr.-Ing. Wolfgang Menesklou  
 E-Mail: menesklou@kit.edu

Einleitung	3
Vertiefungsrichtung Adaptronik	4
Beschreibung der Vorlesungen	
• Measurement Technology	6
• Numerische Methoden	
• Sensoren	7
• Batterien und Brennstoffzellen	8
• Methoden der Signalverarbeitung	9
• Optimization of Dynamic Systems	10
• Mikrosystemtechnik	
• Integrierte Systeme und Schaltungen	11
• Communication Systems and Protocols	
Forschungsgebiete	12
Beteiligte Institute	13
Berater	14

Der Begriff Adaptronik hat sich in Deutschland seit Jahren etabliert und umfasst einen Technologiebereich, der in den USA und Japan mit „smart materials“ oder „adaptive structures“ bezeichnet wird. Durch die Integration von sensorischen und aktorischen Funktionen in konventionelle technische Systeme lassen sich adaptive Funktionsstrukturen realisieren, die sich an die jeweilige Betriebsumgebung optimal selbst anpassen. Multifunktionale Werkstoffe wie Piezoelektrika, Magnetostruktiva, elektrorheologische Fluide oder Formgedächtnislegierungen, die sich thermisch, elektrisch oder magnetisch aktivieren lassen und dabei gleichzeitig sensorische und aktorische Aufgaben übernehmen, spielen eine Schlüsselrolle bei der Konzeption adaptronischer Systeme. Das daraus resultierende Potenzial eröffnet für Forschung und Entwicklung neue Wege und Lösungsansätze in den verschiedensten Bereichen. Beispiele finden sich in den Bereichen Fahrzeugtechnik, Maschinenbau, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt in Form von aktiver Schwingungs- und Lärminderung, Formkontrolle und Schadensüberwachung (Structural Health Monitoring).

Die Realisierung adaptronischer Systeme erfordert, dass die Teildisziplinen Materialwissenschaft, Regelungstechnik und Informationstechnik von Beginn an in den Entwicklungsprozess integriert werden, und verlangt somit von den angehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren eine interdisziplinäre Denkweise. In dieser Vertiefungsrichtung werden deshalb die Kompetenzen aus mehreren Instituten genutzt, um die gewünschte breite Ausbildung zu gewährleisten. Der Katalog an Veranstaltungen berücksichtigt diesen Aspekt: Beispielsweise vermitteln die Vorlesungen *Sensoren*, *Microactuators* und *Mikrosystemtechnik* materialwissenschaftliche Aspekte für Elektrotechniker. Die systemtheoretische Behandlung wird u. a. in den Vorlesungen *Optimization of Dynamic Systems* und *Measurement Technology* erarbeitet. Inhalte aus der Signal- und Informationsverarbeitung finden sich in *Integrierte Systeme und Schaltungen* und *Communication Systems and Protocols*.

Der Wahlbereich bietet den Studierenden die Möglichkeit, je nach Interesse und Neigungen ihr Wissen in den oben genannten Teildisziplinen zu vertiefen. Aufgrund der Breite der Anwendungen adaptronischer Systeme können neben den Lehrveranstaltungen aus der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik auch Fächer aus dem Vorlesungsangebot anderer Fakultäten wie Maschinenbau, Physik und Informatik gewählt werden. Die Auswahl sollte aber frühzeitig mit dem Berater der Vertiefungsrichtung abgesprochen werden. In der Masterarbeit besteht für den Studierenden die Möglichkeit, aktiv an Forschungsprojekten mitzuarbeiten.

Durch die breit angelegte Ausbildung haben die angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure viele berufliche Möglichkeiten. Die ständig steigenden Anforderungen an moderne Systeme führen dazu, dass konventionelle Ansätze zunehmend an die Grenzen des technisch und wirtschaftlich Machbaren stoßen. Das Gebiet der Adaptronik eröffnet neue Möglichkeiten, mittels intelligenter Systemkomponenten zur Schonung von Rohstoffen, zu einer geringeren Umweltbelastung, zu niedrigen System- und Betriebskosten sowie zu höherer Funktionalität und Leistungsfähigkeit von Systemen beizutragen. Aus diesem Grund beschäftigen sich viele namhafte Firmen und Forschungseinrichtungen mit dieser Thematik.

## Vertiefungsrichtung Adaptronik\*

Semester	Veranstaltung	SWS	LP	Prüfung	Institut
<b>Grundlagen zur Vertiefungsrichtung</b>					
WS	Measurement Technology	2+1	5	S	IIIT
SoSe	Numerische Methoden	2+1	5	S	MATH
WS	Optimization of Dynamic Systems	2+1	5	S	IRS
<b>Pflichtbereich der Vertiefungsrichtung</b>					
WS	Batterien und Brennstoffzellen	2+1	5	S	IAM-ET
SoSe	Communication Systems and Protocols	2+1	5	S	ITIV
SoSe	Integrierte Systeme und Schaltungen	2+1	4	S	IMS
WS	Methoden der Signalverarbeitung	3+1	6	S	IIIT
SoSe	Mikroaktorik	2+0	4	S	IMT
WS	Mikrosystemtechnik	2+0	3	M	ITIV
SoSe	Sensoren	2+0	3	S	IAM-ET
SoSe	Praktikum zur Auswahl	0+4	6	S/M	IIIT IIIT IMS ITIV IAM-ET
WS	-Praktikum Digitale Signalverarbeitung				
WS/SoSe	-Praktikum Mechatronische Messsysteme				
WS	-Praktikum Schaltungsdesign mit FPGA				
WS	-Praktikum System-on-Chip				
WS	-Praktikum Batterien und Brennstoffzellen				
<b>Wahlbereich</b>		Wahlbereich der Vertiefungsrichtung, zu wählen aus den Modulen des Wahlbereichs der Vertiefungsrichtungen (siehe Modulhandbuch)		33	
<b>Schlüssel-qualifikation</b>				6	
<b>Masterarbeit</b>				30	
Gesamtsumme:			120		

\*Geändertes Modell, wird der Studienkommission am 6.7.2021 zu Genehmigung vorgelegt.

Im Folgenden werden empfohlene Wahlmodule aus dem näheren Umfeld der Vertiefungsrichtung aufgelistet. Wenn Sie sich fachlich breiter aufstellen möchten, können darüber hinaus in Absprache mit den Fachstudienberater\*innen auch andere Module gewählt werden. Insofern wird dringend empfohlen, schon zu Beginn des Masterstudiums die Fachstudienberater\*innen aufzusuchen, um Ihren individuellen Studienplan zu besprechen.

### Empfohlene Wahlmodule:

Empfohlene Wahlmodule zur Vertiefungsrichtung	WS		SS	
	SWS	LP	SWS	LP
Nichtlineare Regelungssysteme			2	3
Regelung linearer Mehrgrößensysteme	3+1	6		
Mikrowellenmesstechnik			2+1	4
Seminar Sensorik	2+0	3	2	3
Actuators and sensors in nanotechnology	2+0	3		
Electromagnetics and Numerical Calculation of Fields	2+1	4		
Integrierte Intelligente Sensoren			2	3
Design analoger Schaltkreise	2+1	4		
Plastic Electronics / Polymerelektronik	2	3	2	3
Prozessanalyse: Modellierung, Data Mining, Machine Learning			2	0
Optoelektronische Messtechnik	2	3		
Optoelectronic Components			2+1	4
Leistungselektronik			2+1	5
Systems and Software Engineering	2+1	5		
Technische Optik	2+1	5		
Optimale Regelung und Schätzung			2	3
Thin Films: Technology, Physics and Applications I			2+1	4
Mustererkennung			2	3
Software Engineering	2	3		
Systems Engineering for Automotive Electronics			2+1	4
Numerische Methoden für partielle Differentialgleichungen			2+1	4
Adaptive Optics	2	3		
Maschinelles Lernen 1	2+1	5		
Stochastische Informationsverarbeitung	3	6		
Deep Learning und Neuronale Netze			4	6
Informationsverarbeitung in Sensornetzwerken	3	6		
Wissenschaftliches Programmieren für Ingenieure	2+2	4		

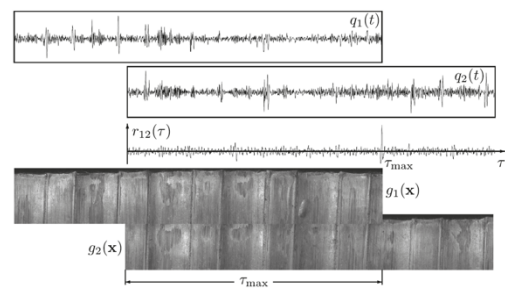
## Measurement Technology

Dozent:	Prof. Dr.-Ing. Michael Heizmann
Betreuung:	Theresa Panther M.Sc. Tel.: 44504
Umfang:	2+1 SWS, Wintersemester
Prüfung:	Schriftlich, mit Hilfsmitteln
Unterlagen:	Buch, Folien
Link:	<a href="https://www.iit.kit.edu/mt.php">https://www.iit.kit.edu/mt.php</a>

Diese Vorlesung wird in englischer Sprache gehalten.  
The subject of the lecture is the system-technical basics of measurement technology.

Topics:

- Terminology measurement and measurement characteristic curve
- Steady-state behavior of measurement systems
- Consideration of random measurement deviations
- Statistical test procedures
- Correlation measurement technique
- System identification and optimal filter for signal reconstruction
- Sampling and quantization theorems

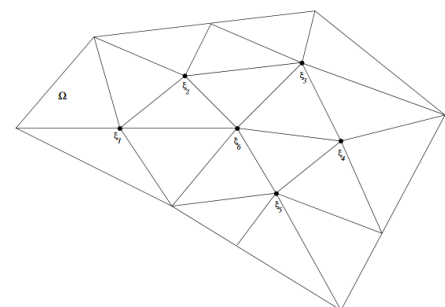


## Numerische Methoden

Dozent:	PD Dr. Peer Christian Kunstmann
Betreuung:	Michael Ullmann M. Sc.
Umfang:	2+1 SWS, Sommersemester
Prüfung:	schriftlich
Unterlagen:	Vorlesungsskript von Prof. Reichel
Link:	<a href="http://www.math.kit.edu/iana1/lehre/nummethetit2019s/">http://www.math.kit.edu/iana1/lehre/nummethetit2019s/</a>

In der Vorlesung werden die folgenden Themen behandelt:

- Lineare Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus, LR-Zerlegung, Cholesky-Zerlegung
- Eigenwertprobleme, Von-Mises-Iteration
- Lineare Optimierung
- Fehleranalyse
- Newton-Verfahren
- Quadratur, Newton-Cotes-Formeln
- Numerische Lösung von Anfangswertproblemen, Runge-Kutta-Verfahren
- Finite-Differenzen-Verfahren zur Lösung von Randwertproblemen
- Finite Elemente



## Sensoren

---

Dozent: Dr.-Ing. Wolfgang Menesklou

Umfang: 2 SWS, Sommersemester

Prüfung: schriftlich

Unterlagen: Vorlesungsskript

Link: [https://www.iam.kit.edu/et/studium\\_lehre\\_5289.php](https://www.iam.kit.edu/et/studium_lehre_5289.php)

Wie werden physikalische und chemische Effekte optimal in elektrische Sensorsignale umgesetzt?  
Die Vorlesung veranschaulicht die Funktionsweise der wichtigsten Sensorprinzipien.



- Temperatursensoren
- Chemische Sensoren / Biosensoren
- Gassensoren
- Feuchtesensoren
- Ultraschallsensoren
- Mechanische Sensoren
- Faseroptische Sensoren
- Magnetische Sensoren

Im Rahmen der Vorlesung werden Fragestellungen zu den chemischen/physikalischen Grundlagen der Sensoreffekte, den für die Umsetzung dieser Effekte notwendigen Materialeigenschaften und zur technischen Realisierung in Sensoren behandelt.

## Batterien und Brennstoffzellen

Dozentin:	Prof.-Dr. Ulrike Krewer
Umfang:	3 SWS, Wintersemester)
Prüfung:	schriftlich
Unterlagen:	Vorlesungsskript, Folien
Link:	<a href="https://www.iam.kit.edu/et/studium_lehre_5273.php">https://www.iam.kit.edu/et/studium_lehre_5273.php</a>

Die Vorlesung vermittelt den Studierenden einen praxisnahen Einblick in die aktuellen Anwendungsgebiete und Forschungsthemen von Brennstoffzellen und Batterien. Im Rahmen der Vorlesung werden Aufbau und Funktionsweise von elektrochemischen Energiewandlern und Energiespeichern behandelt sowie Kenntnisse über Werkstoffe, Baukonzepte, Messverfahren, Messdatenanalyse und Modellierung vermittelt. Im Einzelnen beinhaltet die Vorlesung:

### Thermodynamik:

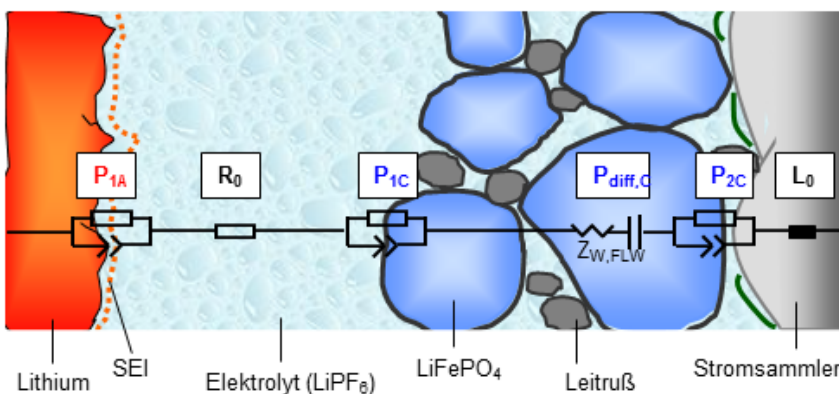
- Grundlagen der Thermodynamik chemischer Reaktionen
- Wirkungsgrad und theoretische Zellspannung
- Brennstoffaufbereitung

### Brennstoffzellen:

- Grundlagen und Funktionsprinzip
- Brennstoffzellentypen
- Werkstoffe und Baukonzepte
- Messtechnik der Solid Oxide Fuel Cell (SOFC): Impedanzspektroskopie, Referenzelektroden ...
- Elektrochemische Modellierung der SOFC

### Batterien:

- Wichtige Kenngrößen und Funktionsprinzip
- Batterietypen: Zellchemie, Leistungsfähigkeit, Sicherheit
- Lithium-Ionen-Batterie: Werkstoffe, Baukonzepte, Leistungs- und Energiezellen
- Messverfahren für Batterien (Impedanzspektroskopie, zykl. Voltammetrie ...)
- Modellierung von Batterien (elektrochem. thermische Modelle)





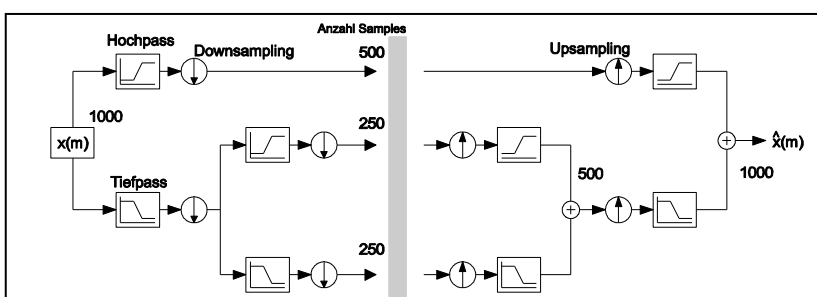
## Methoden der Signalverarbeitung

Dozent: Dr.-Ing. Sander Wahls  
 Betreuung: Daniel Diaz Ocampo, M.Sc. Tel.: 44525  
 Umfang: 2 + 2 SWS, Wintersemester  
 Prüfung: schriftlich, mit Hilfsmitteln  
 Unterlagen: Vorlesungsskript, Übungsmaterialien  
 Link: <http://www.iit.kit.edu/msv.php>

Die Vorlesung befasst sich in der ersten Hälfte mit Zeit-Frequenz-Darstellungen, die es ermöglichen, den Frequenzgehalt zeitvarianter Signale zu untersuchen. In der zweiten Hälfte werden Methoden zur Parameter- und Zustandsschätzung behandelt.

Inhalte der Vorlesung:

- Signaldarstellung mit Frames
- Energie- und Leistungssignale; Zeitdauer und Bandbreite; Fensterfunktionen; Hilbert-Räume
- Short-Time-Fourier-Transformation
- Kontinuierliche STFT; Gabor-Reihe; diskrete STFT
- Wavelet-Transformation
- Kontinuierliche Wavelet-Transformation; Wavelet-Funktionen; semidiskrete, dyadische Wavelets
- Wavelet-Reihen
- Dyadische Wavelet-Reihen; Multiraten-Filterbank; Skalierungsfiler; Wavelet-Packets
- Wigner-Ville-Verteilung
- Kontinuierliche Wigner-Ville-Verteilung; Kreuzterme; Cohen-Klasse; Affine Klasse; diskrete Wigner-Ville-Verteilung
- Karhunen-Loève-Transformation
- Kontinuierliche KLT; zeitdiskrete KLT; Cosinus-Transformation
- Begriffe der Schätztheorie
- Unterdrückung von Störgrößen; Modellbildung; Beurteilungskriterien von Schätzfiltern
- Parameterschätzung
- Least-Squares-Schätzer; Gauß-Markov-Schätzer; rekursiver LS-Schätzer; Matched Filter; AR-Schätzung; Bayes-Schätzung
- Zustandsschätzung
- Kalman-Filter



*Schnelle Wavelet Transformation*

## Optimization of Dynamic Systems

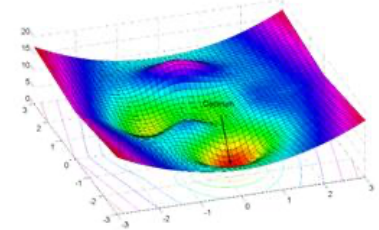
---

Dozent:	Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann
Umfang:	2+1 SWS, Wintersemester
Prüfung:	schriftlich
Unterlagen:	Vorlesungsbeiblätter, Übungsblätter
Link:	<a href="http://www.irs.kit.edu/Lectures_ODS.php">http://www.irs.kit.edu/Lectures_ODS.php</a>

Diese Vorlesung wird in englischer Sprache gehalten.

Goals: The students

- know the mathematical basics and the fundamental methods and algorithms to solve constrained and unconstrained nonlinear static optimization problems.
- can solve constraint and unconstrained dynamic optimization by using the calculus of variations approach and the Dynamic Programming method.
- are able to transfer dynamic optimization problems to static problems.
- know the mathematic relations, the pros and cons and the limits of each optimization method.
- can transfer problems from other fields of their studies in a suitable optimization problem formulation and they are able to select and implement appropriate optimization algorithms for them by using common software tools.



## Mikrosystemtechnik

---

Dozent:	Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Stork
Umfang:	2 SWS, Wintersemester
Prüfung:	mündlich
Unterlagen:	Buch
Link:	<a href="http://www.itiv.kit.edu/60_6311.php">http://www.itiv.kit.edu/60_6311.php</a>

Ziel der Vorlesung ist es, den Hörer mit Begriffen und Verfahren aus den verschiedensten Bereichen der Mikrotechnologien sowie der Systemtechniken bekannt zu machen. Dem systemorientierten Elektrotechniker kommt eine zentrale Mittlerrolle zwischen den Technologen und den Informatikern zu. Der Hörer soll daher die Fähigkeit erlangen, sich mit Experten der verschiedensten technischen Fachdisziplinen verständigen zu können.

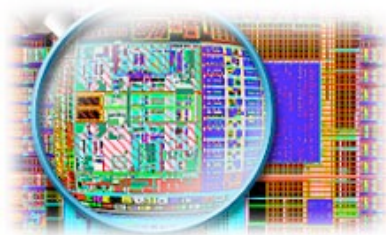
Zunächst wird der Begriff Mikrosystemtechnik bestimmt und im Zusammenhang mit verwandten Themen diskutiert. Danach werden die wichtigsten Mikrostrukturtechniken vorgestellt. Es wird eine Einführung in die vertikalen und lateralen Mikrostrukturtechniken mit Dünnschicht- bzw. mikrolithographischen Methoden gegeben. Die wichtigsten Trocken- und Nassätzverfahren für mikrooptische und mikromechanische Anwendungen werden vorgestellt und diskutiert. Die verschiedenen Klassen mikrooptischer Komponenten werden erläutert. Dazu gehören sowohl refraktive und diffraktive optische Komponenten als auch aktive und passive Wellenleiter in integrierten optischen Systemen und Fasern. Mikromechanische Herstellungsverfahren in Silizium und Kunststoff mit dem LIGA-Verfahren werden anhand von Beispielen herkömmlicher Mikrosysteme dargestellt.

## Integrierte Systeme und Schaltungen

---

Dozent:	Prof. Dr. rer. nat. Konstantin Ilin
Umfang:	2 + 1, SWS, Sommersemester
Prüfung:	schriftlich
Unterlagen:	Vorlesungsskript
Link:	<a href="http://www.ims.kit.edu/324_646.php">http://www.ims.kit.edu/324_646.php</a>

Die Vorlesung vermittelt das Wissen über moderne Lösungen mittels integrierter Konzepte von komplexen Aufgaben der Erfassung von Informationen bzw. Signalen, ihrer Verarbeitung sowie der Erzeugung von Steuersignalen für Stellglieder, z.B. integrierte Aktuatoren.



Um Systemlösungen mit integrierten Schaltkreisen zu realisieren, werden zunehmend heterogene Technologien, wie Si-CMOS, GaAs, SiGe sowie metallische und oxidische Funktionsschichten, auf einem Chip benötigt. Fragen der optimalen Chipfläche, des Leistungsumsatzes und der Verarbeitungsgeschwindigkeit werden behandelt. Konzepte zur Umsetzung von integrierten „System-on-Chip“-Lösungen mit nanoelektronischen Bauelementen auf der Sensorebene, über die analoge und digitale Signalverarbeitung auf Halbleiterbasis bis hin zum Aktuator werden behandelt. Dabei werden insbesondere Konzepte für den Automotiv-Bereich diskutiert.

## Communication Systems and Protocols

---

Dozent:	Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jürgen Becker
Umfang:	2+1 SWS, Sommersemester
Prüfung:	schriftlich
Unterlagen:	
Link:	<a href="https://www.itiv.kit.edu/60_6064.php">https://www.itiv.kit.edu/60_6064.php</a>

This course for electrical and information engineers provides an overview in theory and practice of data exchange between computers and dedicated communication devices. The different levels of data communication will be explained, ranging from highly integrated connections on microchips across system busses to wide-area networks. Among criteria like speed and transmission capacity of a communication system, other aspects as security issues and the cost of system are presented as well.

Actual implementations will be discussed, amongst others serial and parallel interfaces, PCI, SCSI, FireWire, USB, IEC, CAN, AMBA as well as the networking standards Ethernet, Tokenring, FDDI and ATM. In addition, the hardware and lower software levels of local-, wide-area and radio networks will be explained in combination with the presentation of important network topologies and communications devices like repeaters, bridges, routers and gateways.

Im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten haben Sie die Möglichkeit, selbstständig ein Teilgebiet aktueller Forschungsprojekte zu bearbeiten, Ihr erlerntes Wissen umzusetzen und Ihre eigenen Ideen einzubringen. Die derzeitigen Forschungsrichtungen der das Studienmodell unterstützenden Institute sind unter anderem:

## **Institut für Angewandte Materialien – Elektrochemische Technologien (IAM-ET)**

- Energiewandler: mobile und stationäre Brennstoffzellen, Elektrolyse
- Energiespeicher: Lithium-Ionen-Batterien, All Solid State Batterien
- Entwicklung von Messtechnik und Diagnoseverfahren
- Lebensdaueranalyse und -modellierung
- Modellbildung und Simulation, Multi-Skalen Modellierung

## **Institut für Industrielle Informationstechnik (IIIT)**

- Hyperspektrale Bildverarbeitung
- Computational Imaging
- Kognitive Systeme
- Maschinelles Lernen
- Oberflächenmesstechnik
- Akustische Signalverarbeitung

## **Institut für Regelungs- und Steuerungssysteme (IRS)**

- Automatisierungsmethoden für komplexe Systeme
- Regelungs- und Steuerungstechnik im Automobilbereich
- Kooperative Systeme und aktive Sicherheit in Kraftfahrzeugen
- Modellierung und Betriebsführung mobiler und stationärer Energieversorgungssysteme

## **Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme (IMS)**

- Entwurf und Design integrierter Schaltungen
- Technologische Herstellung von Sensoren und integrierten Schaltkreisen
- Charakterisierung und Test von Einzelbauelementen und integrierten Schaltungen (DC - 67 GHz)

Für nähere Informationen zu möglichen Arbeiten stehen Ihnen unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gerne zur Verfügung.

### **Institut für Angewandte Materialien – Elektrochemische Technologien (IAM-ET)**

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer  
Gebäude 50.40 (Adenauerring 20 b, FZU)

Tel.: 0721/608-47491  
Fax: 0721/608-47492  
Email: [a.schaefer@kit.edu](mailto:a.schaefer@kit.edu)  
Link: <http://www.iam.kit.edu/et/>

### **Institut für Industrielle Informationstechnik**

Prof. Dr.-Ing. Michael Heizmann  
Geb. 6.35 (Hertzstr. 16, Westhochschule)

Tel.: 0721/608-44520  
Fax: 0721/608-44500  
Email: [info@iiit.kit.edu](mailto:info@iiit.kit.edu)  
Link: <http://www.iiit.kit.edu>

### **Institut für Regelungs- und Steuerungssysteme**

Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann  
Geb. 11.20 (Engler-Villa)

Tel.: 0721/608-43181  
Fax: 0721/608-42707  
Email: [sekretariat@irs.kit.edu](mailto:sekretariat@irs.kit.edu)  
Link: <http://www.irs.kit.edu>

### **Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme**

Prof. Dr. rer. nat. Sebastian Kempf  
Geb. 6.41 (Hertzstr. 16, Westhochschule)

Tel.: 0721/608-44961  
Fax: 0721/75 79 25  
Email: [doris.duffner@kit.edu](mailto:doris.duffner@kit.edu)  
Link: <http://www.ims.kit.edu>



**Anschrift des Beraters**

Dr.-Ing. Wolfgang Menesklou  
 Institut für Angewandte Materialien –  
 Elektrochemische Technologien (IAM-ET)  
 Forschungszentrum Umwelt (FZU)  
 Adenauerring 20 b, Geb. 50.40  
 D-76131 Karlsruhe

Tel.: 0721 608-47493  
 E-Mail: [menesklou@kit.edu](mailto:menesklou@kit.edu)  
 Link: <http://www.iam.kit.edu/et/>

