

Studienggebiet „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ / „Electronics, Photonics and Integrated Systems“

(Stand August 2015)

Das Studienggebiet „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ umfasst ein sehr breites Spektrum von Themengebieten, welches von den Technologien im Sinne der Halbleitertechnik über die mikroelektronische Schaltungstechnik sowie der damit verbundenen Aufbau- und Verbindungstechnik bis hin zu elektronischen und photonischen Systemen reicht.

Der kontinuierliche Fortschritt im Bereich der elektronischen Bauelemente, Schaltungen und Systeme erlaubt es, immer komplexere Funktionalität mit stetig steigenden Arbeitsgeschwindigkeiten bis hin zu sehr hohen Frequenzen von mehreren 100GHz in System-on-Chip-Ansätzen zu integrieren. Diese technologische Entwicklung eröffnet eine Vielzahl neuer Anwendungsfelder, die sich erstrecken von Hochgeschwindigkeitsschaltungen und Systemen für Wireless-Infrastruktur-Anwendungen (wie LTE oder dem neuen 5G Mobilfunkstandard), energieeffiziente DSP-Anwendungen (Digital Signal Processor) oder Transceiver-Systeme für elektro-optische Anwendungen (z. B. Silicon Photonics) in der faseroptischen Kommunikationstechnik.

Andererseits befasst sich das Studienggebiet „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ beispielsweise mit MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), besonders verlustleistungsarmen Sensorschaltungen und -systemen für optische oder auch biomedizinische Anwendungen (z. B. Hirn- und Nervenstimulation, Biomolekül-Detektion), Themen aus der Automobilelektronik (z. B. ausfallsichere Automobilelektronik oder bildverarbeitende Fahrerassistenzsysteme) und energieeffiziente Wireline-Transceiver für Cloud Anwendungen. Der Bereich Internet-of-Things (IoT) inklusive „wearable“-Technologien, die moderne Beleuchtungstechnik sowie die Photovoltaik stellen ebenfalls Inhalte des Studienggebiets „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ dar.

Idealerweise haben sich die Studierenden im Rahmen ihrer Bachelorausbildung im Bereich „Elektronik und Informationstechnik“ vertieft, womit gute Voraussetzungen zum Studium des hier beschriebenen Studienggebiets gegeben sind. Als wichtige Grundlagen aus dem Wahlpflichtbereich „Elektronik und Informationstechnik“ des Bachelorstudiums sind hier insbesondere die folgenden Module zu nennen:

- Elektronik
- Hochfrequenztechnik
- Analog Integrated Circuits

Für diejenigen Studierenden, die die oben genannten Module im Bachelorstudium noch nicht belegt haben, besteht die Möglichkeit, sie im Umfang von bis zu 12 Leistungspunkten (d. h. maximal zwei der oben genannten drei Module) in das Studienggebiet mit aufzunehmen.

Im Wahlpflichtbereich „Theoretische Grundlagen“ des Masterstudiums besteht grundsätzlich die Wahlmöglichkeit zwischen der „Angewandten Feldtheorie“ und „Foundation of Stochastic Processes“, wobei für das Studienggebiet „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ die „Angewandte Feldtheorie“ gewählt werden sollte.

Das hier beschriebene Studienggebiet „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ findet Anwendung in den neu gefassten Studien- und Prüfungsordnungen für den Master Elektrotechnik und den Master Computer Engineering und umfasst mehr als 60 Module überwiegend mit jeweils sechs Leistungspunkten. Gemäß § 5 der Studien- und Prüfungsordnung des Masters Elektrotechnik sind aus einem Studienggebiet Module im Umfang von 36 Leistungspunkten zu absolvieren, so dass aus diesem Modulangebot in der Regel sechs Module auszuwählen sind. Im Master Computer Engineering gibt ebenfalls § 5 der Studien- und Prüfungsordnung Auskunft zu den zu belegenden Modulen im Rahmen der auszuwählenden Studienggebiete. Um den Studierenden die Auswahl innerhalb des Studienangebots zu erleichtern, wird im Folgenden das Modulangebot etwas genauer beschrieben.

Das Studienangebot im Rahmen des Studiengabets „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ wird im Wesentlichen getragen von folgenden Strukturfachgebieten:

Fachgebiet	Hochschullehrer
Elektronik und Medizinische Signalverarbeitung	Prof. Orglmeister
Halbleiterbauelemente	Prof. Boit
Hochfrequenztechnik-Photonik	Prof. Petermann
Lichttechnik	Prof. Völker
Mikroelektronik – Aufbau- und Verbindungstechnik	Prof. Lang (komm.)
Mikrowellentechnik	Prof. Böck
Mixed Signal Circuit Design	Prof. Gerfers
Sensorik und Aktuatorik	Prof. Thewes
Technologie für Dünnschicht-Bauelemente	Prof. Szyszka
Theoretische Elektrotechnik	Prof. Schuhmann

Weiterhin wird das Lehrangebot des Studiengabets „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ auch von Professoren getragen, die gleichzeitig in großen außeruniversitären Forschungsinstituten leitende Funktionen wahrnehmen. Dazu gehören:

Institut	Fachgebiet	Hochschullehrer
Ferdinand Braun Institut für Höchstfrequenztechnik FBH	Höchstfrequenztechnologien	Prof. Heinrich
	Mikrowellen- und Optoelektronik	Prof. Tränkle
Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik HHI	Photonische Kommunikationssysteme	Prof. Grallert/N.N.
Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM	Nano Interconnect Technologies	Prof. Lang
Helmholtz Zentrum Berlin	Photovoltaik	Prof. Rech
Leibniz Institut für Innovative Mikroelektronik IHP	Integrierte Breitband- und Höchstfrequenzschaltungen	Prof. Kissinger
	Technologie von siliziumbasierten integrierten Höchstfrequenzschaltungen	Prof. Tillack
	Silizium-Photonik	N.N.

Entsprechend der jeweiligen Interessenlage wird den Studierenden geraten, sich zur Studienberatung mit einem der oben genannten Hochschullehrer im Rahmen der angebotenen Sprechstunden in Verbindung zu setzen.

Ganz grob kann das Studiengabiet „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ in folgende Schwerpunkte untergliedert werden:

- 1. Halbleiter- und System-Integrations-Technologien**
- 2. Elektronische Schaltungen und Systeme**
- 3. Hochfrequenztechnik**
- 4. Photonik**

Die Schwerpunkte beinhalten eine Vielzahl von Verknüpfungen, beispielsweise setzt ein Verständnis der Photonik auch tiefe Kenntnisse der Halbleitertechnik und der Feldtheorie voraus. Die Hochfrequenzschaltungstechnik ist beispielsweise ohne grundlegende Kenntnisse aus dem Bereich „Elektronische Schaltungen und Systeme“ nicht denkbar.

Für den Erwerb genügend breiter Kenntnisse sollten deshalb Module aus mehreren der oben genannten Schwerpunkte gewählt werden.

Sinnvoll ist es auch, im Rahmen des Wahlbereichs des Masterstudiums Module aus den anderen Studiengebieten zu wählen, wie zum Beispiel aus dem Bereich der „Kommunikationssysteme“ oder auch der „Elektrischen Energietechnik“.

Im Folgenden wird das Modulangebot genauer beschrieben, wobei die Zuordnung der Module zu den einzelnen Schwerpunkten nicht unbedingt eindeutig ist; in diesem Sinn dienen die oben genannten Schwerpunkte nur der besseren Orientierung innerhalb des Modulangebots.

1. Halbleiter- und System-Integrations-Technologien

Dieser Schwerpunkt ist das exemplarische Querschnittsthema. Kein elektronischer Schaltkreis kann ohne Bauelemente und Technologie realisiert werden. In der Fakultät IV bündelt sich in besonderer Weise ein kompetentes Lehrangebot zu diesem Schwerpunkt, da neben den reinen TU-Fachgebieten „Halbleiterbauelemente“ und „Technologie für Dünnschicht-Bauelemente“ Fachgebiete stehen wie „Mikroelektronik – Aufbau- und Verbindungstechnik“ oder „Technologie von siliziumbasierten integrierten Höchstfrequenzschaltungen“, die in Verbindung mit Forschungsinstituten vollständige Herstellungslinien auf höchstem Niveau betreiben.

Halbleitertechnik

Im Rahmen der „Halbleitertechnik“ werden folgende Module angeboten:

- Physik und Technologie der Halbleiterbauelemente (WiSe)
- Debug und Analyse von Halbleiterbauelementen (SoSe)
- Methoden und Anwendungen der Halbleitertechnik (WiSe/SoSe)
- Qualität und Zuverlässigkeit in der Halbleitertechnik (WiSe)
- Halbleitertechnologien für Höchstfrequenzanwendungen in Theorie und Praxis (WiSe/SoSe)
- Technology for Thin Film Devices (WiSe/SoSe)
- Surface Technologies for Energy Efficiency and Renewable Energies (WiSe/SoSe)
- Analytik an Solarzellen (WiSe)

Hierbei festigt und erweitert „Physik und Technologie der Halbleiterbauelemente“ die Grundlagen aus „Halbleiterbauelemente“ (B. Sc. ET) und ermöglicht den Studierenden das Verständnis aktueller Anwendungen der Halbleitertechnik, besonders Technologie und Bauelementeigenschaften heutiger Integrierter Schaltungen (ICs). Dieses Modul bildet daher das Kernelement des Themenbereichs „Halbleitertechnik“. Es ist daher auch als Grundlage vieler Veranstaltungen der anderen Themenbereiche dieses Studiengabiets (und auch aus anderen Studiengebieten) empfehlenswert.

Integrierte Schaltungen werden im Rahmen der Veranstaltung „Debug und Analyse von Halbleiterbauelementen“ einmal in einer ganz anderen Weise erforscht: Technologie und Simulation stellen sich in den Dienst von Charakterisierungs- und Analysetechniken, die für Schaltungsverifikation auf Silizium-Level sowie für lokale Funktionsanalyse erforderlich sind. Im Modul „Methoden und Anwendungen der Halbleitertechnik“ wird dieser Stoff vertieft.

Techniken der Qualitätssicherung in der Herstellung werden den Studierenden in „Qualität und Zuverlässigkeit in der Halbleitertechnik“ nähergebracht. Nur durch das erfolgreiche Umsetzen der Inhalte dieser Veranstaltung ist es heutzutage möglich, Halbleitertechnik derart verbreitet zu verwenden.

„Halbleitertechnologien für Höchstfrequenzanwendungen in Theorie und Praxis“ vermittelt in höherem Detaillierungsgrad alle notwendigen IC-Technologieschritte, meist am Beispiel der professionellen Forschungsfertigung für siliziumbasierte Höchstfrequenz-Bauelemente.

GaN-Mikrowellen- & Leistungstransistoren sind ebenfalls Bestandteile der oben angegebenen Module. Das Modul „Technology for Thin Film Devices“ gibt eine Einführung zu den aktuellen Themen der Schicht- und Oberflächentechnik im Hinblick auf Dünnschicht-Bauelemente. Aktuelle Materialentwicklungen und neue Prozesstechniken werden vorgestellt. Im Modul „Surface Technologies for Energy Efficiency and Renewable Energies“ wird der Kontext erweitert. Adressiert werden Lebensdauer- und Degradationsmechanismen von Oberflächen bei Freibewitterung, gerade im Hinblick auf optische Schichten wie Antireflex-Beschichtungen, sowie Dünnschichtkonzepte für neue Energieanwendungen, wie etwa für Thermo-Photovoltaik.

„Analytik an Solarzellen“ behandelt Solarzellen als Bausteine regenerativer Energien und deren Analyse in Bezug auf die für Halbleiter und Energiegewinnung wichtigen Parameter.

Systemintegration

Um technologische Herausforderungen und erforderliche Kostenvorgaben in der Systemintegration einzuhalten, und gleichzeitig höchste Zuverlässigkeiten zu erzielen, müssen hochdichte Strukturen und komplexe Komponenten eingesetzt und in zwei- und dreidimensionaler Richtung integriert werden.

Wafer-Level- und Substrate-Level-Systemintegration sind hier die zwei wichtigsten Strategien, die als Plattform breitgefächerte Lösungen bereitstellen.

Der technologische Entwicklungsstand bietet dafür verschiedenste Aufbautechnologien (z. B. Bumping, Umverdrahtung, Nanokontakte) sowie die Integrationsmöglichkeit kleinster Bauelemente in integrierte Schaltkreise oder Interposer. Weitere Schwerpunkte der Integration beinhalten Prozesse, um aktive und passive Komponenten einzubetten (z. B. dünnste ICs, MEMS, RF-Chips) und alle Arten von 2,5- und 3D-Integrationstechnologien (z. B. mittels Through Silicon Vias oder Through Glas Vias).

Diese miniaturisierten und hochkomplexen Subsysteme können dann mit weiteren Sensorelementen, Mikrocontrollern, Antennen und Funkschnittstellen in ein modulares Smart System integriert werden (Heterointegration).

Aus dem Modulkatalog des Studiengabiets „Elektronik, Photonik und integrierte Systeme“ sind folgende Module im engeren Sinn den System-Integrations-Technologien zuzuordnen:

- Herstellungstechnologien für Halbleitersensoren (WiSe)
- Energieversorgung für Sensorsysteme (WiSe/SoSe)
- Aufbautechnologie für Mikroelektronik und -systemtechnik (WiSe/SoSe)
- Design and Simulation of Microsystems (WiSe/SoSe)
- Umweltgerechtes Design elektronischer Systeme (WiSe/SoSe)
- Zuverlässigkeitsabsicherung elektronischer Systeme WiSe/SoSe)
- FEM Simulation von Mikrosystemen (WiSe)
- Photonic Microsystems (WiSe/SoSe)

Für den gesamten Schwerpunkt „Halbleiter- und System-Integrations-Technologien“ gilt: Weitere verwandte Module aus den Querschnittsthemen Kommunikationssysteme, Energietechnik und Automatisierungstechnik bieten sich zur gezielten Vertiefung an, dazu zählen u. a. „Elektromagnetische Feldsimulation“, „EMV in elektronischen Systemen“, „Mixed-Signal-Baugruppen“, „Photovoltaik“ und „Lichtquellen“.

2. Elektronische Schaltungen und Systeme

Der mobile Internetzugriff stellt eine zukunftsweisende Schlüsseltechnologie in unserer Gesellschaft dar, der in unserem Alltag eine immer bedeutendere Rolle spielt. Er ermöglicht u. a. den schnellen und uneingeschränkten Zugriff auf unsere virtuellen Daten in der Cloud sowie die Vernetzung und Kommunikation mit nahezu unbegrenzter Bandbreite zuhause oder unterwegs (z. B. innerhalb von Automobilen). Eine weitere grundlegende Entwicklung, die sich durch Remoteanwendungen und Speicherung von Daten in der Cloud ergibt, ist der Bedarf besonders schneller und effizienter Security- und Verschlüsselungstechnologien, die einen ungewünschten Datenzugriff verhindern. Die rasante Entwicklung von Schlüsseltechnologien im Bereich der Nanometer-CMOS-Bauelemente, der integrierten Schaltungen und der Nanosysteme ermöglicht eine effiziente Realisierung solcher Applikationen.

Darüber hinaus treiben die vielfältigen Steuerungs- und Automatisierungstechniken im Bereich der Industrie und Produktion die Entwicklung voran, die den heutigen Stand der Technik ermöglicht, und die internationale Wettbewerbsfähigkeit sicherstellt.

Auch der Bereich biomedizinischer Applikationen ist zu nennen, sowie die energieeffiziente Signalverarbeitung medizinischer Daten, bei denen sich durch miniaturisierte und leistungsfähige hochintegrierte oder diskrete elektronische Komponenten und Baugruppen völlig neue Möglichkeiten eröffnen. Wir leben ferner in einer Welt vernetzter Sensoren (mit sog. Sensor-Networks), die in der Regel unbemerkt unser tägliches Leben effektiver und sicherer gestalten, was einen Trend darstellt, der im Zeitalter des Internet-of-Things (IoT) noch zunehmen wird. Diese rasante Entwicklung wird getragen durch die interdisziplinäre Vernetzung vieler Bereiche, angefangen bei den elektronischen Bauelementen, den diskreten oder integrierten Schaltungen, der komplexen Signalverarbeitung, sog. smarterer Sensorsysteme und integrierter Aktuatoren bis hin zu hochintegrierten System-on-Chip Nanosystemen.

Der Beherrschung dieser Technologien, deren Optimierung und Realisierung widmet sich der Schwerpunkt „Elektronische Schaltungen und Systeme“ innerhalb des Studiengebiets „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“. Darüber hinaus ergänzen anverwandte Module aus den Schwerpunkten Hochfrequenztechnik, Halbleiter- und System-Integrations-Technologien sowie der Photonik das Studienangebot des Schwerpunktes „Elektronische Schaltungen und Systeme“.

Die Ausgestaltung und Betrachtung zu benachbarten Schwerpunkten wie der Nachrichtentechnik, der Automatisierungstechnik oder zu Schwerpunkten aus der Technischen Informatik stellen ebenfalls wünschenswerte Ergänzungen des Studiengebiets „Elektronik, Photonik und Integrierte Systeme“ dar.

Aus dem Gesamtmodulkatalog des Studiengebiets „Elektronik, Photonik und integrierte Systeme“ lassen sich die untenstehenden Module dem Themenbereich „Elektronische Schaltungen und Systeme“ zuordnen. Die Kernkompetenzen, die im Bereich „Elektronische Schaltungen und Systeme“ vermittelt werden, lassen sich grundsätzlich in drei Kategorien gruppieren: „Integrated Circuits and Nanosystems“, „Integrated Sensors and Smart Metrology“ und „Signal Processing and Discrete Electronics“.

Integrated Circuits and Nanosystems

Im Rahmen der „Integrated Circuits and Nanosystems“ werden nachstehende Module angeboten:

- Entwurf Analoger Integrierter Schaltungen (SoSe)
- Advanced Analog Integrated Circuits and Systems (WiSe)
- High-Frequency Data Converter Techniques (SoSe)
- System-on-Chip (SOC) + ARM Lab (SoSe)

Die Grundlagen hochintegrierter CMOS Nanoelektronik werden in den Modulen „Entwurf Analoger Integrierter Schaltungen“ und „Advanced Analog Integrated Circuits and Systems“ vermittelt. Mit diesem Wissen sind die Studierenden in der Lage, eigenständig hochintegrierte analoge Schaltungen und Systeme auf Basis von Nanometer-CMOS-Technologien (z. B. in 16nm oder 28nm CMOS-Prozessen) zu entwerfen, zu implementieren, zu verifizieren und in ein Layout zu überführen. Die vermittelten Kenntnisse umfassen somit den gesamten Designflow, inklusive der für die Implementierung notwendigen (EDA/CAD) Softwaretools, so dass die Studierenden in der Lage sind, völlig eigenständig eine hochintegrierte CMOS Schaltung (IC) zu entwickeln.

Schlüsseltechnologien wie Analog-Digital-Umsetzer und Digital-Analog-Umsetzer finden in nahezu allen integrierten Systemen Verwendung, angefangen bei einem LTE Mobile-Transceiver bis hin zu Smarten Sensoren und Sensorarrays (Beispiel: CMOS-Kamera). Vertiefende Kenntnisse aus diesen Bereichen werden im Modul „High-Frequency Data Converter Techniques“ vermittelt. Methoden zur mathematischen Analyse verschiedener Architekturen, deren Komponenten sowie Details zur Realisierung werden hier vermittelt. Das Modul „High-Frequency Data Converter Techniques“ beinhaltet zusätzlich ein Projekt, das die erworbenen Kenntnisse vertieft, und den Studierenden die Möglichkeit eröffnet, selbständig einen solchen Analog-Digital-Umsetzer in einem Nanometer-CMOS-Prozess zu realisieren.

Das Modul „System-on-Chip (SOC) + ARM Lab“ vermittelt Wissen aus dem Bereich der Arbeits- und Funktionsweise sowie der Architektur eines System-on-Chip mit einem ARM Prozessor. Darüber vertieft das ARM Lab diese Kenntnisse, indem die Studierenden eigene Ideen durch Ansteuerungen und Programmierung des ARM Prozessors mittels verhaltensbeschreibender Programmiersprachen selbständig umsetzen. Dieses Wissen kann sowohl in der Forschung als auch in der Praxis angewandt werden.

Integrated Sensors and Smart Metrology

Im Rahmen der „Integrated Sensors and Smart Metrology“ werden folgende Module angeboten:

- Measurement on Non-Electrical Quantities II (geplant, SoSe)
- Praktikum Messen nichtelektrischer Größen II (WiSe)
- Smart Sensors and Actuators (WiSe)
- CMOS Biosensors

Im Modul „Measurement on Non-Electrical Quantities II“ (geplant, SoSe) werden eine Reihe grundlegender physikalischer Prinzipien und deren technisch nutzbare Umsetzung bzgl. der Messung nicht-elektrischer Parameter (Ort, Weg/Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkel und dessen zeitliche Ableitungen, Strömung, Temperatur, Materialausdehnung, Füllstand, Magnetfeld, Strahlung, Einzelphotonen-Nachweis, ...) und deren Umsetzung in elektrisch messbare Parameter (i. d. R. Strom, Spannung, Widerstand, Kapazität, ...) eingeführt. Das Modul wird als Grundlage für weitere Module empfohlen und hat eine große Affinität zur Automatisierungstechnik. Im Modul „Praktikum Messen nichtelektrischer Größen II“ können einige der im zuvor genannten Modul eingeführten Techniken im Labor praktisch erprobt werden. Das Modul „Smart Sensors and Actuators“ befasst sich im Detail mit der „intelligenten“ (engl. „smart“) CMOS-Implementierung wichtiger Sensortechniken zu den Themen Temperatur, CMOS-Imaging, Beschleunigung und Winkelgeschwindigkeits-Messung (MEMS-based accelerometers and gyroscopes) und digitaler Licht-Projektion („Beamer“). Im Modul „CMOS Biosensors“ werden elektronische Techniken und deren mikroelektronische Implementierung für die Detektion von Biomolekülen, den Chip-basierten Nachweis von Stoffwechsel-Parametern und für das In-Vitro- und In-Vivo-Interfacing mit Nervenzellen und Nervengewebe behandelt.

Signal Processing and Discrete Electronics

Im Rahmen der „Signal Processing and Discrete Electronics“ werden folgende Module angeboten:

- Elektronik und Signalverarbeitung (WiSe/SoSe)
- Medizinelektronik (SoSe)
- Mixed-Signal-Baugruppen (SoSe)
- Mixed-Signal-Systeme (WiSe)
- Neuronale Netze (WiSe)
- Mikrocontroller-Projekt (WiSe/SoSe)
- Signalprozessor-Projekt (WiSe/SoSe)
- Signalverarbeitung (WiSe)

Der Schwerpunkt liegt in Lehre und Forschung auf dem Gebiet der hardwarenahen Signalverarbeitung. Das Angebot soll den Studierenden die Möglichkeit geben, einen kompletten Entwicklungszyklus eingebetteter Systeme von der Signalverarbeitungstheorie, Algorithmen-Entwicklung, Simulation (vorzugsweise in Matlab), Prozessorprogrammierung (DSP oder MC) sowie Schaltungsentwicklung auf PCB-Level zur Einbindung von Sensoren, Aktuatoren etc. zu durchlaufen. Die Anwendungsgebiete liegen vorwiegend in der medizinischen Signalverarbeitung, aber auch in der Kommunikationstechnik und Automatisierungstechnik.

Erweiterte Grundlagen der Signalverarbeitung mit dem Schwerpunkt Filterentwurf inklusive der Matlab-Programmierung und der Simulation digitaler Systeme im PC-Pool des Fachgebietes werden im Modul „Signalverarbeitung“ vermittelt. Das Modul „Medizinelektronik“ vermittelt wichtige Grundlagen zur Entstehung physiologischer Signale wie EMG, EKG, Nervensignale etc. sowie zu deren Erfassung und elektronischen Verarbeitung in Theorie und Praxis. Mustererkennung und Signalklassifikation werden u. a. im Seminar „Neuronale Netze“ betrachtet.

Zur Umsetzung von Algorithmen in/auf Hardware in Form eines Embedded System auf der Basis eines aktuellen Signalprozessor- oder Mikrocontroller-Evaluation-Boards und zu entwickelnder Peripherie-Hardware können Module wie das „Signalprozessorklabor“ oder das „Mikrocontroller-Labor“ belegt werden. Dabei können sich Gruppen von Studierenden eigene Projekte selbst definieren und weitgehend selbständig umsetzen. Lernziele sind hierbei neben den fachlichen Zielen auch das Projektmanagement und die Teamarbeit. Das Seminar „Elektronik und Signalverarbeitung“ bietet Studierenden unabhängig vom Semesterzyklus die Möglichkeit, spezielle Themen in Absprache mit den Betreuern eigenständig zu vertiefen. Die Veranstaltungen „Mixed-Signal-Baugruppen“ beziehungsweise „Mixed-Signal-Systeme“

vermitteln fortgeschrittenen Studierenden die Möglichkeit, besonders anspruchsvolle Projekte auf den Gebieten der analogen und digitalen Elektronik-Entwicklung in Teamarbeit durchzuführen.

Im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten können die erworbenen Kenntnisse forschungsbezogen vertieft werden, beispielsweise bei der Weiterentwicklung des erfolgreichen „Wireless Body Sensor Network“ des Fachgebietes EMSP oder der Entwicklung innovativer Algorithmen der Signalverarbeitung.

Als Voraussetzung zur erfolgreichen Teilnahme an den oben genannten Modulen sollten Kenntnisse aus den Bachelormodulen „Elektronik“, „Signale und Systeme“ und „Projektorientiertes Praktikum“ oder „Projekt Elektronik“ vorliegen.

3. Hochfrequenztechnik

Die Hochfrequenztechnik ist eine Schlüsseltechnologie, die die Nutzung des Frequenzbereichs bis ca. 1 THz für die drahtlose Übertragung von Informationen und die Sensorik ermöglicht. Durch die Mobilkommunikation, drahtlose Netzwerke und vielfältige Radar-Anwendungen ist sie in zahlreichen Bereichen unserer Gesellschaft unersetzlich geworden. Inhaltlich umfasst die Hochfrequenztechnik das gesamte Spektrum von der Bauelement-Entwicklung über den Schaltungsentwurf, Antennen und Wellenausbreitung bis zu Frontends für die Kommunikation und Radarsystemen.

Aus dem Modulkatalog des Studiengabiets „Elektronik, Photonik und integrierte Systeme“ sind folgende Module im engeren Sinn der Hochfrequenztechnik zuzuordnen:

Grundlagen

- Hochfrequenzsysteme und -bauelemente (WiSe/SoSe)
- Antennen (WiSe/SoSe)

Schaltungstechnik

- Hochfrequenzelektronik I und II (WiSe/SoSe)
- Integrierte Hochfrequenzschaltungen (WiSe/SoSe)
- Rechnergestützter Hochfrequenzschaltungsentwurf (geplant)
- Hochfrequenz-Leistungsverstärker (geplant)
- High-Frequency Devices and Circuits for Mobile Communication (WiSe/SoSe)

Entwurfswerkzeuge und Messmethoden

- Elektromagnetische Feldsimulation (WiSe/SoSe)
- Projekt Elektromagnetische Feldsimulation (WiSe/SoSe)
- EMV in elektronischen Systemen (WiSe/SoSe)
- Hochfrequenzmesstechnik (geplant)

Querschnittsthemen zur Vertiefung

- Spezielle Anwendungen der Feldsimulation (WiSe/SoSe)
- Mathematische Methoden der Feldsimulation (auch als Projekt) (WiSe/SoSe)
- Elektromagnetische Wellen (WiSe/SoSe)

Die Grundlagen der Systeme und Schaltungen werden in den Modulen „Hochfrequenzsysteme und -bauelemente“ und „Antennen“ behandelt.

Die Schaltungen selbst sind das Thema der Module „Hochfrequenzelektronik I und II“, „Integrierte Hochfrequenzschaltungen“, „Rechnergestützter Hochfrequenzschaltungsentwurf“ sowie die auf bestimmte Schaltungen fokussierten Module „Hochfrequenz-Leistungsverstärker“ und „High-Frequency Devices and Circuits for Mobile Communication“. Dieser Bereich lässt sich gut ergänzen durch Module aus dem Bereich Integrated Circuits and Systems im Schwerpunkt Elektronische Schaltungen und Systeme.

Die Module „Elektromagnetische Feldsimulation“, „Projekt Elektromagnetische Feldsimulation und Hochfrequenzmesstechnik“ behandeln die heute unerlässlichen Werkzeuge zum Entwurf hochfrequenter

Komponenten, das Modul „EMV in elektronischen Systemen“ ergänzt wichtige Kenntnisse zum Systementwurf.

Weitere verwandte Module aus den Querschnittsthemen Feldtheorie und Simulation bieten sich zur gezielten Vertiefung an, dazu zählen „Spezielle Anwendungen der Feldsimulation“ und „Mathematische Methoden der Feldsimulation“ (auch als Projekt), die die Inhalte des Moduls „Elektromagnetische Feldsimulation“ erweitern, sowie das Modul „Elektromagnetische Wellen“, das die betreffenden Inhalte aus „Angewandte Feldtheorie“ (TET 2) ergänzt.

4. Photonik

Photonische Technologien sind als Querschnittstechnologie zu verstehen, wobei innerhalb der Fakultät IV besondere Kompetenzen in den Anwendungsfeldern „Beleuchtung“, „Kommunikation“ und „Photovoltaik“ sowie deren Systemintegration (siehe auch oben unter 1.) bestehen. Die Beleuchtungstechnik befindet sich in einem fundamentalen Wandel beim Übergang von der „Glühlampe“ zu gesteuerten Beleuchtungssystemen mit lichtemittierenden Dioden (LED), das Internet wäre ohne die faseroptische Kommunikationstechnik nicht denkbar, und die Photovoltaik spielt im Rahmen der regenerativen Energieversorgung eine zunehmend wichtige Rolle.

Photonische Komponenten wie zum Beispiel Halbleiterlaser, lichtemittierende Dioden oder Solarzellen sind anspruchsvolle Halbleiterbauelemente, die auch entsprechende Kenntnisse der Halbleitertechnik erfordern, wie sie in den oben unter 1. genannten Modulen vermittelt werden. Hilfreich ist häufig auch das Verständnis der unterstützenden Simulationsrechnungen, wie es in den unter 3. aufgeführten Modulen vermittelt wird. Die Realisierung der dann folgenden Baugruppen erfordert die Verknüpfung mit der entsprechenden elektronischen Schaltungstechnik sowie mit Techniken der Systemintegration. Darüber hinaus sind auch Verknüpfungen mit den Modulen der Kommunikationstechnik (bei der faseroptischen Nachrichtentechnik) oder der elektrischen Energietechnik (für die Lichttechnik und die Photovoltaik) zweckmäßig.

. Module, die der „Photonik“ im engeren Sinne zuzurechnen sind, werden in den oben angegebenen Anwendungsfeldern wie folgt angeboten:

Lichttechnik

Im Rahmen der „Lichttechnik“ werden nachstehende Module angeboten:

- Lichttechnik (WiSe/SoSe)
- Solarstrahlung (WiSe/SoSe)
- Lichtquellen (WiSe/SoSe)
- Angewandte Lichttechnik (Beleuchtungstechnik) (WiSe/SoSe)
- Lichtmesstechnik (WiSe/SoSe)
- Licht- und Farbwahrnehmung (WiSe/SoSe)
- Lichttechnische Forschung (WiSe/SoSe)

Die Grundlagen der Lichttechnik werden in den Modulen „Lichttechnik“ und „Solarstrahlung“ abgedeckt. Vertiefende Kenntnisse im Bereich Lichtenwendung werden im Modul „Angewandte Lichttechnik“ vermittelt. Mit diesem Wissen sind die Studierenden in der Lage, lichttechnische Berechnungen durchzuführen, lichttechnische Anlagen zu dimensionieren und Begutachtungen von Beleuchtungsanlagen durchzuführen. Das Modul „Lichttechnische Forschung“ vermittelt Wissen, mit dem die Studierenden in der Lage sind, lichttechnische und nutzerbezogene Forschungsprojekte selbständig durchzuführen. In den Modulen „Lichtmesstechnik“, „Lichtquellen“ und „Licht- und Farbwahrnehmung“ wird das Fachwissen in einzelnen Bereichen der Lichttechnik und visuellen Wahrnehmung weiter vertieft. Dieses Wissen kann sowohl in der Forschung als auch in der Praxis angewandt werden.

Optische Kommunikationstechnik

Im Rahmen der „Optischen Kommunikationstechnik“ werden folgende Module angeboten:

- Grundlagen der optischen Nachrichtentechnik (SoSe)

- Optische Nachrichtentechnik: Rechenübung und Praktikum (WiSe/SoSe)
- Ergänzung zur optischen Nachrichtentechnik (WiSe/SoSe)
- Optoelektronische Integration (WiSe/SoSe)
- Photonische Kommunikationsnetze (WiSe/SoSe)
- Hochleistungsdiodenlaser (geplant)

Als Basismodul im Rahmen der „Optischen Kommunikationstechnik“ ist das Modul „Grundlagen der optischen Nachrichtentechnik“ zu verstehen, welches durch das Modul „Optische Nachrichtentechnik: Rechenübung und Praktikum“ ergänzt wird. Das Modul „Photonische Kommunikationsnetze“ stellt eine sinnvolle Verknüpfung von photonischen Komponenten zu Kommunikationssystemen und Kommunikationsnetzen dar. Weitere Vertiefungen sind dann mit den Modulen „Ergänzungen zur optischen Nachrichtentechnik“ sowie zur „Optoelektronischen Integration“ möglich. Im Modul „Hochleistungsdiodenlaser“ werden Laserlichtquellen beschrieben, wie sie sowohl für die optische Kommunikationstechnik als auch für andere Anwendungen wie zum Beispiel in der Laser-Materialbearbeitung verwendet werden.

Photovoltaik

Der Photovoltaik kommt im Rahmen der Energiewende eine Schlüsselrolle bei der Bereitstellung von erneuerbarer Energie zu. Die Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von Sonnenstrahlung in elektrische Energie. Die Lehre im Fachgebiet umfasst dabei die Funktionsweise und Herstellung von photovoltaischen Bauelementen. Es werden nachstehende Module angeboten:

- Grundlagen der Photovoltaik (WiSe/SoSe)
- Dünnschichtsolarzellen und neue Konzepte (WiSe/SoSe)
- Surface Technologies for Energy Efficiency and Renewable Energies (WiSe/SoSe)

Im Modul „Grundlagen der Photovoltaik“ wird dabei die Herstellung und Funktionsweise von Solarzellen auf der Basis von Siliziumwafern behandelt. Das darauf aufbauende Modul „Dünnschichtsolarzellen und neuen Konzepte“ vertieft den Stoff und beschäftigt sich mit alternativen Solarzellenarchitekturen. Teilnehmer werden dabei punktuell an den Stand von Forschung und Entwicklung herangeführt.