



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Bachelor

**Master**

Doktorat

Universitäts-  
lehrgang

Studienplan (Curriculum)  
für das  
**Masterstudium**  
**Mikroelektronik und Photonik**  
**UE 066 508**

Technische Universität Wien  
Beschluss des Senats der Technischen Universität Wien  
am 17. Juni 2024

Gültig ab 1. Oktober 2024

# Inhaltsverzeichnis

§1 Grundlage und Geltungsbereich	3
§2 Qualifikationsprofil	3
§3 Dauer und Umfang	5
§4 Zulassung zum Masterstudium	5
§5 Aufbau des Studiums	5
§6 Lehrveranstaltungen	10
§7 Prüfungsordnung	13
§8 Studierbarkeit und Mobilität	14
§9 Diplomarbeit	14
§10 Akademischer Grad	15
§11 Qualitätsmanagement	15
§12 Inkrafttreten	16
§13 Übergangsbestimmungen	16
A Modulbeschreibungen	17
B Übergangsbestimmungen	40
C Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	42
D Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen	44

## §1 Grundlage und Geltungsbereich

Der vorliegende Studienplan definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche Masterstudium *Mikroelektronik und Photonik* an der Technischen Universität Wien. Dieses Masterstudium basiert auf dem Universitätsgesetz 2002 – UG (BGBl. I Nr. 120/2002 idgF) – und den *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* in der jeweils geltenden Fassung. Die Struktur und Ausgestaltung dieses Studiums orientieren sich am Qualifikationsprofil gemäß Abschnitt §2.

## §2 Qualifikationsprofil

Die Mikroelektronik und Photonik sind ausgewiesene Schlüsseltechnologien in den Bereichen Telekommunikation und Computertechnologie, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt, Fahrzeugelektronik, Industrieelektronik, Unterhaltungselektronik, Biotechnologie und bestimmt zunehmend deren Wertschöpfung. Kein elektronischer und elektrotechnischer Industriezweig ist heute mehr ohne Mikroelektronik, Optoelektronik, Sensorik oder Mikrosystemtechnik vorstellbar. Das Tätigkeitsfeld der Mikroelektronik und Photonik reicht von der Physik der mikro- und nanoelektronischen Bauelemente, den optischen Bauelementen, den Werkstoffen der Mikroelektronik, den Technologien zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, den Mikrosystemen und Nanokomponenten, den Entwurf von analogen und digitalen Schaltungen, bis hin zu konkreten Anwendungen in komplexen Systemen. Arbeitgeber sind sowohl kleine und mittelständische Unternehmen, insbesondere Komponenten- und Systemhersteller für die Zuliefer- und Ausrüsterindustrie, aber auch internationalen Halbleiter- und System- und Softwarehäuser. Für die Entwicklung dieser äußerst innovativen Unternehmen werden in den nächsten Jahren in zunehmender Anzahl hochqualifizierte Ingenieure auf den genannten Tätigkeitsfeldern benötigt.

Das Masterstudium Mikroelektronik und Photonik vermittelt auf diesen Gebieten eine breite, wissenschaftlich und methodisch hochwertige und auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Ausbildung, welche auf dem Bachelorstudium „Elektrotechnik und Informationstechnik“ aufbaut. Ferner verfolgt es das Ziel, die Absolvent\_innen für den internationalen Arbeitsmarkt konkurrenzfähig zu machen und zur eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit zu befähigen.

Diese hochwertige Ausbildung bildet eine breite Basis für eine einschlägige Berufstätigkeit ohne lange Einarbeitungszeit und für eine nachhaltige berufliche Weiterentwicklung, wobei beispielhaft folgende Berufsprofile angeführt werden:

- Führung / Mitarbeit bei facheinschlägigen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben
- Führung / Mitarbeit bei applikationsnaher Umsetzung in Hard- und Softwaresystemen
- Hochwertige Tätigkeiten im Bereich der Planung, des Entwurfs, und Umsetzung komplexer industrieller mikroelektronischer Prozesse, Komponenten und Anlagen
- Führung / Mitarbeit in interdisziplinären Projekt- und Entwicklungsteams

- Eigenständige Forschungstätigkeit auf Universitäten und in der Industrie

Weiters befähigt das Masterstudium Mikroelektronik und Photonik zur Weiterqualifizierung im Rahmen von fachnahen Doktoratsstudien.

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium Mikroelektronik und Photonik Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt:

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Mikroelektronik und Photonik* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt.

**Fachliche und methodische Kompetenzen** Im Masterstudium Mikroelektronik und Photonik erlangen die Studierenden vertiefende Fachkenntnisse in ihrem Fachbereich und ein tiefgehendes Verständnis der technischen und naturwissenschaftlichen Vorgänge. Sie besitzen somit ein breites Fachwissen auf Basis der relevanten, theoretischen Grundlagen und sie sind in der Lage, bestehende Erkenntnisgrenzen in Theorie und Anwendung zu analysieren und methodisch strukturiert zu erweitern. Dies setzt zwingend voraus, dass die Studierenden den letzten Stand der Technik in Bereichen Mikroelektronik, Photonik, Sensorik und der Nano- und Mikrosystemtechnik als auch die wesentlichen Normen und Standards kennen. Neben diesem Grundlagenwissen haben sie sich ein vertieftes Wissen in einem der genannten Anwendungsgebiete angeeignet, das sie als Ingenieur befähigt, den Gesamtumfang einer technischen Aufgabenstellung in ihrem Gebiet zu erfassen und eine fachlich angepasste Problemlösung trotz eines sich schnell weiterentwickelnden und sich ändernden Fachwissens zu entwerfen und umzusetzen. Diese Kombination aus technischen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen gepaart mit einer hohen Wissenstiefe bietet eine gute Ausgangsbasis für eine weitere berufliche Tätigkeit, aber auch für eine weiterführende Qualifikation im Rahmen eines fachnahen Doktoratsstudiengangs.

**Kognitive und praktische Kompetenzen** Absolvent\_innen des Masterstudiums Mikroelektronik und Photonik können Aufgabenstellungen der Mikroelektronik und Photonik einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich analysieren, formal beschreiben und dafür geeignete Modelle entwickeln. Sie sind darin geübt, mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung aktueller Hilfsmittel der Informationsverarbeitung und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen kreativ Lösungen für diese Aufgabenstellung zu erarbeiten.

Sie haben im Rahmen ihres Studiums bereits mehrere wissenschaftliche Arbeiten verfasst und verfügen so über Fertigkeiten im wissenschaftlichen Arbeiten. Darüber hinaus sind sie mit den wesentlichen mathematischen Methoden ihres Fachbereichs vertraut.

Sie sind in der Lage, sich die Informationen und Kenntnisse zu verschaffen, die zum Einstieg in eine neue Technik notwendig sind. Sie können neue Entwicklungen in ihr Wissensschema einordnen und sich in neue Wissensbereiche einarbeiten.

**Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen** Absolvent\_innen können ihre Ideen wirkungsvoll und mit zeitgemäßen Mitteln vertreten. Sie haben bereits praktische Erfahrung in der Teamarbeit und in der verantwortungsvollen Führung von Teams gesammelt.

Sie verfügen über gute Kenntnisse der englischen Sprache, um auch international tätig werden zu können.

Sie verstehen wirtschaftliche Zusammenhänge, verfügen über betriebswirtschaftliches Wissen für Projektmanagement, Produktentwicklung und -vermarktung und besitzen Kosten- und Qualitätsbewusstsein.

Sie sind in der Lage, technische Entwicklungen in ihren sozialen und ökologischen Auswirkungen abzuschätzen und für eine menschengerechte Technik einzutreten.

### **§3 Dauer und Umfang**

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium *Mikroelektronik und Photonik* beträgt 120 ECTS-Punkte. Dies entspricht einer vorgesehenen Studiendauer von 4 Semestern als Vollzeitstudium.

ECTS-Punkte (ECTS) sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden. Ein Studienjahr umfasst 60 ECTS-Punkte, wobei ein ECTS-Punkt 25 Arbeitsstunden entspricht (gemäß § 54 Abs. 2 UG).

### **§4 Zulassung zum Masterstudium**

Die Zulassung zum Masterstudium *Mikroelektronik und Photonik* setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines anderen fachlich in Frage kommenden Studiums mindestens desselben hochschulischen Bildungsniveaus an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus. Fachlich in Frage kommend sind jedenfalls die Bachelorstudien *Elektrotechnik und Informationstechnik* an der Technischen Universität Wien und das Bachelorstudium *Elektrotechnik* an der Technischen Universität Graz.

Zum Ausgleich wesentlicher fachlicher Unterschiede können Ergänzungsprüfungen vorgeschrieben werden, die bis zum Ende des zweiten Semesters des Masterstudiums abzulegen sind.

Die Unterrichtssprache ist Deutsch. Studienbewerber\_innen, deren Erstsprache nicht Deutsch ist, haben die erforderlichen Sprachkenntnisse nachzuweisen. Die Form des Nachweises ist in einer Verordnung des Rektorats festgelegt.

Einzelne Lehrveranstaltungen können in englischer Sprache abgehalten werden oder in einzelnen Lehrveranstaltungen kann der Vortrag in englischer Sprache stattfinden bzw. können die Unterlagen in englischer Sprache vorliegen. Daher werden Englischkenntnisse auf Referenzniveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen empfohlen.

### **§5 Aufbau des Studiums**

Die Inhalte und Qualifikationen des Studiums werden durch *Module* vermittelt. Ein Modul ist eine Lehr- und Lerneinheit, welche durch Eingangs- und Ausgangsqualifikationen, Inhalt, Lehr- und Lernformen, den Regelarbeitsaufwand sowie die Leistungsbeurteilung

gekennzeichnet ist. Die Absolvierung von Modulen erfolgt in Form einzelner oder mehrerer inhaltlich zusammenhängender *Lehrveranstaltungen*. Thematisch ähnliche Module werden zu *Prüfungsfächern* zusammengefasst, deren Bezeichnung samt Umfang und Gesamtnote auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen wird.

## **Prüfungsfächer und zugehörige Module**

Das Masterstudium *Mikroelektronik und Photonik* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen.

Im Masterstudium Mikroelektronik und Photonik sind vier Pflichtmodule, zwei Vertiefungspflichtmodule und drei Wahlmodule sowie das Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* und das Prüfungsfach *Diplomarbeit* zu absolvieren.

### **Pflichtmodule (36,0 ECTS)**

Technologie und Materialien (9,0 ECTS)

Photonik und Quantenelektronik (9,0 ECTS)

Integrierte Schaltungen (9,0 ECTS)

Bauelemente und Systeme (9,0 ECTS)

Die vier Pflichtmodule müssen von allen Studierenden absolviert werden.

### **Vertiefungspflichtmodule (18,0 ECTS)**

Technologien und Materialien - Vertiefung (9,0 ECTS)

Applied Photonics (9,0 ECTS)

Quantenelektronik - Vertiefung (9,0 ECTS)

Integrierte Schaltungen - Vertiefung (9,0 ECTS)

Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS)

Aus den fünf Vertiefungspflichtmodulen sind zwei verpflichtend zu absolvieren.

### **Wahlmodule (27,0 ECTS)**

Emerging Devices (9,0 ECTS)

Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung (9,0 ECTS)

Coherent Optics (9,0 ECTS)

Novel Optical Sources (9,0 ECTS)

Mikro- und Nanosystemtechnik (9,0 ECTS)

More-than-Moore ICs and Systems (9,0 ECTS)

Nanoelektronik (9,0 ECTS)

Zuverlässigkeit Mikroelektronik (9,0 ECTS)

Es müssen drei Wahlmodule absolviert werden, die entweder aus der oben angeführten Liste der Wahlmodule oder aus der Liste Module in den nicht gewählten Vertiefungsmodulen stammen.

### **Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)**

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)

Das Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* setzt sich aus frei wählbaren Lehrveranstaltungen zusammen, wobei davon zumindest 4,5 ECTS-Punkte aus dem Bereich der „Transferable Skills“ zu wählen sind.

### **Diplomarbeit (30,0 ECTS)**

Siehe Abschnitt §9.

## **Kurzbeschreibung der Module**

Dieser Abschnitt charakterisiert die Module des Masterstudiums *Mikroelektronik und Photonik* in Kürze. Eine ausführliche Beschreibung ist in Anhang A zu finden.

**Applied Photonics (9,0 ECTS)** Dieses Modul besteht aus einer 4-stündigen VU und einer 2-stündigen Vorlesung. Es umfasst eine Darstellung der Verfahren der optischen Nachrichtentechnik sowie die forschungsnahe Auseinandersetzung mit fortgeschrittenen Konzepten, Verfahren und Systemen der Photonik. Bearbeitung von aktuellen Forschungsthemen der Photonik, Kennenlernen von theoretischen Methoden, Modellen und experimentellen Verfahren sowie Technologien.

**Bauelemente und Systeme (9,0 ECTS)** Aufbauend auf den Grundvorlesungen *Halbleiterphysik, Elektronische Bauelemente* und *Sensorik und Sensorsysteme* wird ein fundiertes Wissen über die Technologie der integrierten Schaltungen, die Mikrosystemtechnik, sowie die Modellierung von Halbleiterbauelementen vermittelt. Das Modul umfasst sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Aspekte.

**Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS)** Das Modul *Bauelemente und Systeme – Vertiefung* behandelt Material- und Technologieaspekte zur Herstellung von mikro- und nanomechanischen Bauelementen und Systemen. Ferner gibt es vertiefende Einblicke in ausgewählte sensorische und aktorische MEMS/NEMS Bauelementkonzepte und ermöglicht deren praktische Umsetzung an Hand ausgewählter Technologieschritte.

**Coherent Optics (9,0 ECTS)** Dieses Modul besteht aus 5 Vorlesungen zu je 3 ECTS, von denen 3 Lehrveranstaltungen zu absolvieren sind. Es behandelt Grundlagen und Anwendungen kohärenter optischer Strahlung.

### **Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung (9,0 ECTS)**

Im Modul *Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung* werden Batterien, Brennstoffzellen, Elektrolysezellen und Superkondensatoren aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet: Aus Sicht der Elektrochemie, d.h. mit Schwerpunkt auf den physikalisch-chemischen Prozessen in den Zellen, aus messmethodischer Sicht mit starkem Bezug zur Elektrotechnik, und aus materialwissenschaftlicher Sicht mit Betonung der Materialeigenschaften und deren Verständnis.

**Emerging Devices (9,0 ECTS)** Auf dem Weg die Informationstechnologie weiter voran zu treiben, ist das tiefgreifende Verständnis der Funktionsweise und Technologie moderner mikroelektronischer Bauelemente der Schlüssel zur Entwicklung zukünftiger integrierter Schaltkreise. Das Modul setzt das im Bachelor-Studium vermittelte Wissen im Bereich der Mikroelektronik, Nanoelektronik, Werkstoffe, Festkörperphysik und Simulationen voraus und vermittelt tiefergehendes Wissen aus dem Bereich der aktuellen Mikroelektronik, Optoelektronik, sowie die zugrunde liegende Physik der Funktionsweise neuartiger Bauelemente (*emerging devices*) und Fertigungsprozesse.

**Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)** Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

**Integrierte Schaltungen (9,0 ECTS)** Die Beherrschung der analogen und digitalen integrierten Schaltungen ist für viele Fragestellungen in der Mikro- und Nanoelektronik und insbesondere für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die analytischen Grundlagen zur Dimensionierung integrierter Schaltungen sowie die Methoden zu ihrer Modellierung.

**Integrierte Schaltungen - Vertiefung (9,0 ECTS)** Die Beherrschung des Layouts und der Verifikation analoger integrierter Schaltungen ist für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die Grundlagen zum Test integrierter Schaltungen und vertieft die Kenntnisse der analogen integrierten Schaltungstechnik.

**Mikro- und Nanosystemtechnik (9,0 ECTS)** Im Modul *Mikro- und Nanosystemtechnik* werden aktuelle Fragestellungen über neuartige Fertigungsprozesse, Bauelementekonzepte und daraus resultierende Systeme behandelt. Dies umfasst auch die Simulation von Mikrosystemen sowie Aspekte der Aufbau- und Verbindungstechnik für sensorische, aktorische und fluidische Bauelemente.

**More-than-Moore ICs and Systems (9,0 ECTS)** Die Kenntnisse der Eigenschaften und der über More-Moore hinausgehenden Möglichkeiten integrierter Schaltungen und von AISCs ist für Ingenieure der Mikroelektronik und Photonik eine wichtige Ergänzung. Ferner vermittelt dieses Modul vertiefende Kenntnisse zu aktuellen Fragestellungen aus der Mikrosystemtechnik, integrierten MEMS Sensoren und Aktuatoren sowie zu integrierten optischen Sensoren inklusive der entsprechenden Schaltungstechnik.

**Nanoelektronik (9,0 ECTS)** Das Modul *Nanoelektronik* ist ein Wahlmodul des Masterstudiums *Mikroelektronik und Photonik*. Aufbauend auf den Bachelor-Grundvorlesungen *Halbleiterphysik*, *Elektronische Bauelemente* und den Lehrveranstal-



tungendes Moduls *Technologie und Materialien* im Mikroelektronik Master wird ein fundiertes Wissen über neuartige Technologien vermittelt, das sowohl zur Modellierung als auch zur Herstellung neuer Bauelemente bzw. neuer Bauelementekonzepte notwendig ist. Ferner werden ergänzend zur Vorlesung *Analoge integrierte Schaltungen* die aufgrund der Nanometer Hell of Physics notwendigen Änderungen der Schaltungstechnik behandelt. Das Modul umfasst sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Aspekte.

**Novel Optical Sources (9,0 ECTS)** Dieses Modul besteht aus 5 Vorlesungen zu je 3 ECTS, von denen 3 Lehrveranstaltungen zu absolvieren sind. Es behandelt die Vielfalt moderner kohärenter Lichtquellen.

**Photonik und Quantenelektronik (9,0 ECTS)** Ein Verständnis der Optoelektronik, Lasertechnik sowie der optischen Kommunikationstechnik ist für praktisch alle Bereiche der modernen Mikroelektronik und Informationstechnologie unerlässlich. Aufbauend auf einschlägiges Bachelorwissen aus Elektrodynamik, Wellenausbreitung, Signale und Systeme, Festkörperelektronik und Photonik vermittelt dieses Modul fortgeschrittene Kenntnis und Fähigkeit zur Analyse von modernen photonischen Verfahren, Technologien und Systemen.

**Quantenelektronik - Vertiefung (9,0 ECTS)** Dieses Modul besteht aus zwei Vorlesungen und einer Laborübung zu je zwei Stunden. Das Wissen über die Physik von Nanostrukturen und optoelektronischen Bauelementen wird vertieft. Das Modul umfasst sowohl theoretische Aspekte - wie elektronische Zustände in Nanostrukturen und Ladungsträgertransport - als auch anwendungsorientierte Aspekte der quantenmechanischen Bauelementmodellierung und der numerischen Bauelementsimulation.

**Technologie und Materialien (9,0 ECTS)** Das Modul *Technologie und Materialien* vermittelt umfassende Kenntnisse der Technologien und Materialien, die die Basis für die moderne Nanoelektronik, Nanophotonik und Mikrosystemtechnik bilden. Die Schwerpunkte auf der Materialseite bilden Element- und Verbindungshalbleiter der Gruppen IV und III-V, sowie Oxidkeramiken. Ausgehend von deren materialwissenschaftlichen Grundlagen werden die Schlüsseltechnologien für die Herstellung von mikro- und nanoskaligen 1-, 2- und 3-dimensionalen Strukturen und Bauelementen erarbeitet.

**Technologien und Materialien - Vertiefung (9,0 ECTS)** Das Modul „Technologie und Materialien – Vertiefung“ vermittelt vertiefende Kenntnisse der Technologien und der Materialien für die Schwerpunkte Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik. Aufbauend auf dem Modul 1, werden hier die Schwerpunkte auf spezifische Fragestellung sowohl auf der Materialseite als auch auf der Technologieseite gelegt. Im Sinne einer forschungsgeleiteten Lehre bestimmen hier die aktuellen Forschungsthemen der Lehrveranstaltungsleiter die Themen der Vertiefung.

**Zuverlässigkeit Mikroelektronik (9,0 ECTS)** Im Wahlmodul *Zuverlässigkeit Mikroelektronik* werden die wichtigsten Degradationsprozesse, die schlussendlich zum Ausfall einzelner Bauelemente oder gar der ganzen Schaltung führen, behandelt. Das Modul umfasst sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Aspekte.

## §6 Lehrveranstaltungen

Die Stoffgebiete der Module werden durch Lehrveranstaltungen vermittelt. Die Lehrveranstaltungen der einzelnen Module sind in Anhang A in den jeweiligen Modulbeschreibungen spezifiziert. Lehrveranstaltungen werden durch Prüfungen im Sinne des Universitätsgesetzes beurteilt. Die Arten der Lehrveranstaltungsbeurteilungen sind in der Prüfungsordnung (Abschnitt §7) festgelegt.

Betreffend die Möglichkeiten der Studienkommission, Module um Lehrveranstaltungen für ein Semester zu erweitern, und des Studienrechtlichen Organs, Lehrveranstaltungen individuell für einzelne Studierende Wahlmodulen zuzuordnen, wird auf § 27 des Studienrechtlichen Teils der Satzung der TU Wien verwiesen.

### **Vorgaben zu Lehrveranstaltungen und Prüfungen aus dem Universitätsgesetz 2002**

Vor Beginn jedes Semesters ist ein elektronisches Verzeichnis der Lehrveranstaltungen zu veröffentlichen (Titel, Name der Leiterin oder des Leiters, Art, Form inklusive Angabe des Ortes und Termine der Lehrveranstaltung). Dieses ist laufend zu aktualisieren.

Die Leiterinnen und Leiter einer Lehrveranstaltung haben, zusätzlich zum veröffentlichten Verzeichnis, vor Beginn jedes Semesters die Studierenden in geeigneter Weise über die Ziele, die Form, die Inhalte, die Termine und die Methoden ihrer Lehrveranstaltungen sowie über die Inhalte, die Form, die Methoden, die Termine, die Beurteilungskriterien und die Beurteilungsmaßstäbe der Prüfungen zu informieren.

Für Prüfungen, die in Form eines einzigen Prüfungsvorganges durchgeführt werden, sind Prüfungstermine jedenfalls drei Mal in jedem Semester (laut Satzung am Anfang, zu Mitte und am Ende) anzusetzen, wobei die Studierenden vor Beginn jedes Semesters über die Inhalte, die Form, die Methoden, die Termine, die Beurteilungskriterien und die Beurteilungsmaßstäbe der Prüfungen zu informieren sind.

Bei Prüfungen mit Mitteln der elektronischen Kommunikation ist eine ordnungsgemäße Durchführung der Prüfung zu gewährleisten, wobei zusätzlich zu den allgemeinen Regelungen zu Prüfungen folgende Mindestanforderungen einzuhalten sind:

- Bekanntgabe der Standards vor dem Beginn des Semesters, die die technischen Geräte der Studierenden erfüllen müssen, um an diesen Prüfungen teilnehmen zu können.
- Zur Gewährleistung der eigenständigen Erbringung der Prüfungsleistung durch die Studierende oder den Studierenden sind technische oder organisatorische Maßnahmen vorzusehen.
- Bei technischen Problemen, die ohne Verschulden der oder des Studierenden auftreten, ist die Prüfung abzubrechen und nicht auf die zulässige Zahl der Prüfungsantritte anzurechnen.

## Vorgaben zu Lehrveranstaltungen aus der Satzung der TU Wien

(SSB steht für Satzung der TU Wien, Studienrechtliche Bestimmungen)

- Der Umfang der Lehrveranstaltung ist in ECTS-Anrechnungspunkten und in Semesterstunden anzugeben (§ 9 SSB, Module und Lehrveranstaltungen).
- Die Abhaltung von Lehrveranstaltungen als „Blocklehrveranstaltungen“ ist nach Genehmigung durch Studiendekan\_in möglich (§ 9 SSB, Module und Lehrveranstaltungen).
- Die Abhaltung von Lehrveranstaltungen und Prüfungen in einer Fremdsprache ist nach Genehmigung durch Studiendekan\_in möglich (§ 11 SSB, Fremdsprachen).
- Lehrveranstaltungsprüfungen dienen dem Nachweis der Lernergebnisse, die durch eine einzelne LVA vermittelt wurden (§ 12 SSB, Lehrveranstaltungsprüfung).
- Die Lehrveranstaltungsprüfungen sind von dem\_der Leiter\_in der Lehrveranstaltung abzuhalten. Bei Bedarf hat das Studienrechtliche Organ eine\_n andere\_n fachlich geeignete\_n Prüfer\_in zu bestellen (§ 12 SSB, Lehrveranstaltungsprüfung).
- Jedenfalls sind für Prüfungen in Pflicht- und Wahlpflichtlehrveranstaltungen, die in einem einzigen Prüfungsakt enden, drei Prüfungstermine für den Anfang, für die Mitte und für das Ende jedes Semester anzusetzen. Diese sind mit Datum vor Beginn des Semesters bekannt zu geben (§ 15 SSB, Prüfungstermine).
- Prüfungen dürfen auch am Beginn und am Ende lehrveranstaltungsfreier Zeiten abgehalten werden (§ 15 SSB, Prüfungstermine).
- Die Prüfungstermine sind in geeigneter Weise bekannt zu machen (§ 15 SSB, Prüfungstermine).

### Beschreibung von Lehrveranstaltungstypen:

- VO:** Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Inhalte und Methoden eines Faches unter besonderer Berücksichtigung seiner spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätzen vorgetragen werden. Die Prüfung wird mit einem einzigen Prüfungsvorgang durchgeführt. In der Modulbeschreibung ist der Prüfungsvorgang je Lehrveranstaltung (schriftlich oder mündlich, oder schriftlich und mündlich) festzulegen. Bei Vorlesungen herrscht keine Anwesenheitspflicht, das Erreichen der Lernergebnisse muss dennoch gesichert sein.
- EX:** Exkursionen sind Lehrveranstaltungen, die außerhalb der Räumlichkeiten der TU Wien stattfinden. Sie dienen der Vertiefung von Lehrinhalten im jeweiligen lokalen Kontext.
- LU:** Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende einzeln oder in Gruppen unter Anleitung von Betreuer\_innen experimentelle Aufgaben lösen, um den Umgang mit Geräten und Materialien sowie die experimentelle Methodik des Faches zu lernen. Die experimentellen Einrichtungen und Arbeitsplätze werden zur Verfügung gestellt.

- PR:** Projekte sind Lehrveranstaltungen, in denen das Verständnis von Teilgebieten eines Faches durch die Lösung von konkreten experimentellen, numerischen, theoretischen oder künstlerischen Aufgaben vertieft und ergänzt wird. Projekte orientieren sich am Qualifikationsprofil des Studiums und ergänzen die Berufsvorbildung bzw. wissenschaftliche Ausbildung.
- SE:** Seminare sind Lehrveranstaltungen, bei denen sich Studierende mit einem gestellten Thema oder Projekt auseinandersetzen und dieses mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten, wobei eine Reflexion über die Problemlösung sowie ein wissenschaftlicher Diskurs gefordert werden.
- UE:** Übungen sind Lehrveranstaltungen, in denen konkrete Aufgabenstellungen – beispielsweise rechnerisch, konstruktiv, künstlerisch oder experimentell – zu bearbeiten sind. Dabei werden unter fachlicher Anleitung oder Betreuung die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Studierenden zur Anwendung auf konkrete Aufgabenstellungen entwickelt.
- VU:** Vorlesungen mit integrierter Übung sind Lehrveranstaltungen, in denen die beiden Lehrveranstaltungstypen VO und UE in einer einzigen Lehrveranstaltung kombiniert werden. Der jeweilige Übungs- und Vorlesungsanteil darf ein Viertel des Umfangs der gesamten Lehrveranstaltungen nicht unterschreiten. Beim Lehrveranstaltungstyp VU ist der Übungsteil jedenfalls prüfungsimmanent, der Vorlesungsteil kann in einem Prüfungsakt oder prüfungsimmanent geprüft werden. Unzulässig ist es daher, den Übungsteil und den Vorlesungsteil gemeinsam in einem einzigen Prüfungsvorgang zu prüfen.

## **Beschreibung der Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Informationssystem zu Studien und Lehre:**

- Typ der Lehrveranstaltung (VO, EX, LU, PR, SE, UE, VU)
- Form (Präsenz, Online, Hybrid, Blended)
- Termine (Angabe der Termine, gegebenenfalls auch die für die positive Absolvierung erforderliche Anwesenheit)
- Inhalte (Beschreibung der Inhalte, Vorkenntnisse)
- Literaturangaben
- Lernergebnisse (Umfassende Beschreibung der Lernergebnisse)
- Methoden (Beschreibung der Methoden in Abstimmung mit Lernergebnissen und Leistungsnachweis)
- Leistungsnachweis (in Abstimmung mit Lernergebnissen und Methoden)
  - Ausweis der Teilleistungen, inklusive Kennzeichnung, welche Teilleistungen wiederholbar sind. Bei Typ VO entfällt dieser Punkt.
- Prüfungen:
  - Inhalte (Beschreibung der Inhalte, Literaturangaben)

- Form (Präsenz, Online)
- Prüfungsart bzw. Modus
  - \* Typ VO: schriftlich oder mündlich, oder schriftlich und mündlich;
  - \* bei allen anderen Typen: Ausweis der Teilleistungen inklusive Art und Modus bezugnehmend auf die in der Lehrveranstaltung angestrebten Lernergebnisse.
- Termine (Angabe der Termine)
- Beurteilungskriterien und Beurteilungsmaßstäbe

## §7 Prüfungsordnung

Der positive Abschluss des Masterstudiums erfordert:

1. die positive Absolvierung der im Studienplan vorgeschriebenen Module, wobei ein Modul als positiv absolviert gilt, wenn die ihm gemäß Modulbeschreibung zuzurechnenden Lehrveranstaltungen positiv absolviert wurden,
2. die Abfassung einer positiv beurteilten Diplomarbeit und
3. die positive Absolvierung der kommissionellen Abschlussprüfung. Diese erfolgt mündlich vor einem Prüfungssenat gemäß § 13 und § 19 der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* und dient der Präsentation und Verteidigung der Diplomarbeit und dem Nachweis der Beherrschung des wissenschaftlichen Umfeldes. Dabei ist vor allem auf Verständnis und Überblickswissen Bedacht zu nehmen. Die Anmeldevoraussetzungen zur kommissionellen Abschlussprüfung gemäß § 17 (1) der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* sind erfüllt, wenn die Punkte 1 und 2 erbracht sind.

Das Abschlusszeugnis beinhaltet

- (a) die Prüfungsfächer mit ihrem jeweiligen Umfang in ECTS-Punkten und ihren Noten,
- (b) das Thema und die Note der Diplomarbeit,
- (c) die Note der kommissionellen Abschlussprüfung,
- (d) die Gesamtbeurteilung sowie
- (e) auf Antrag des\_der Studierenden die Gesamtnote des absolvierten Studiums gemäß §72a UG.

Die Note des Prüfungsfaches „Diplomarbeit“ ergibt sich aus der Note der Diplomarbeit. Die Note jedes anderen Prüfungsfaches ergibt sich durch Mittelung der Noten jener

Lehrveranstaltungen, die dem Prüfungsfach über die darin enthaltenen Module zuzuordnen sind, wobei die Noten mit dem ECTS-Umfang der Lehrveranstaltungen gewichtet werden. Bei einem Nachkommateil kleiner gleich 0,5 wird abgerundet, andernfalls wird aufgerundet. Wenn keines der Prüfungsfächer schlechter als mit „gut“ und mindestens die Hälfte mit „sehr gut“ benotet wurde, so lautet die *Gesamtbeurteilung* „mit Auszeichnung bestanden“ und ansonsten „bestanden“.

Lehrveranstaltungen des Typs VO (Vorlesung) werden aufgrund einer abschließenden mündlichen und/oder schriftlichen Prüfung beurteilt. Alle anderen Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter, d.h., die Beurteilung erfolgt laufend durch eine begleitende Erfolgskontrolle sowie optional durch eine zusätzliche abschließende Teilprüfung.

Zusätzlich können zur Erhöhung der Studierbarkeit Gesamtprüfungen zu Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter angeboten werden, wobei diese wie ein Prüfungstermin für eine Vorlesung abgehalten werden müssen und § 15 (6) des *Studienrechtlichen Teils der Satzung der Technischen Universität Wien* hier nicht anwendbar ist.

Der positive Erfolg von Prüfungen und wissenschaftlichen sowie künstlerischen Arbeiten ist mit „sehr gut“ (1), „gut“ (2), „befriedigend“ (3) oder „genügend“ (4), der negative Erfolg ist mit „nicht genügend“ (5) zu beurteilen. Bei Lehrveranstaltungen, bei denen eine Beurteilung in der oben genannten Form nicht möglich ist, werden diese durch „mit Erfolg teilgenommen“ (E) bzw. „ohne Erfolg teilgenommen“ (O) beurteilt.

## §8 Studierbarkeit und Mobilität

Studierende des Masterstudiums *Mikroelektronik und Photonik* sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können.

Den Studierenden wird empfohlen, ihr Studium nach dem Semestervorschlag in Anhang C zu absolvieren.

Die Anerkennung von im Ausland absolvierten Studienleistungen erfolgt durch das zuständige studienrechtliche Organ. Zur Erleichterung der Mobilität stehen die in § 27 Abs. 1 bis 3 der *Studienrechtlichen Bestimmungen* der Satzung der Technischen Universität Wien angeführten Möglichkeiten zur Verfügung. Diese Bestimmungen können in Einzelfällen auch zur Verbesserung der Studierbarkeit eingesetzt werden.

Die Zahl der jeweils verfügbaren Plätze in Lehrveranstaltungen mit beschränkten Ressourcen wird von der Lehrveranstaltungsleitung festgelegt und vorab bekannt gegeben. Die Lehrveranstaltungsleitung ist berechtigt, für ihre Lehrveranstaltung Ausnahmen von der Teilnahmebeschränkung zuzulassen.

## §9 Diplomarbeit

Die Diplomarbeit ist eine künstlerisch-wissenschaftliche Arbeit, die dem Nachweis der Befähigung dient, ein Thema selbstständig inhaltlich und methodisch vertretbar zu be-

arbeiten. Das Thema der Diplomarbeit ist von der oder dem Studierenden frei wählbar und muss im Einklang mit dem Qualifikationsprofil stehen.

Das Prüfungsfach *Diplomarbeit* umfasst 30 ECTS-Punkte und besteht aus der wissenschaftlichen Arbeit (Diplomarbeit), die mit 27 ECTS-Punkten bewertet wird, sowie aus der kommissionellen Abschlussprüfung im Ausmaß von 3 ECTS-Punkten.

## §10 Akademischer Grad

Den Absolvent\_innen des Masterstudiums *Mikroelektronik und Photonik* wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieur“/„Diplom-Ingenieurin“ – abgekürzt „Dipl.-Ing.“ oder „DI“ (international vergleichbar mit „Master of Science“) – verliehen.

## §11 Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement des Masterstudiums *Mikroelektronik und Photonik* gewährleistet, dass das Studium in Bezug auf die studienbezogenen Qualitätsziele der TU Wien konsistent konzipiert ist und effizient und effektiv abgewickelt sowie regelmäßig überprüft wird. Das Qualitätsmanagement des Studiums erfolgt entsprechend des Plan-Do-Check-Act Modells nach standardisierten Prozessen und ist zielgruppenorientiert gestaltet. Die Zielgruppen des Qualitätsmanagements sind universitätsintern die Studierenden und die Lehrenden sowie extern die Gesellschaft, die Wirtschaft und die Verwaltung, einschließlich des Arbeitsmarktes für die Studienabgänger\_innen.

In Anbetracht der definierten Zielgruppen werden sechs Ziele für die Qualität der Studien an der TU Wien festgelegt: (1) In Hinblick auf die Qualität und auf die Aktualität des Studienplans ist die Relevanz des Qualifikationsprofils für die Gesellschaft und den Arbeitsmarkt gewährleistet. In Hinblick auf die Qualität der inhaltlichen Umsetzung des Studienplans sind (2) die Lernergebnisse in den Modulen des Studienplans geeignet gestaltet um das Qualifikationsprofil umzusetzen, (3) die Lernaktivitäten und -methoden geeignet gewählt, um die Lernergebnisse zu erreichen, und (4) die Leistungsnachweise geeignet, um die Erreichung der Lernergebnisse zu überprüfen. (5) In Hinblick auf die Studierbarkeit der Studienpläne sind die Rahmenbedingungen gegeben, um diese zu gewährleisten. (6) In Hinblick auf die Lehrbarkeit verfügt das Lehrpersonal über fachliche und zeitliche Ressourcen um qualitätsvolle Lehre zu gewährleisten.

Um die Qualität der Studien zu gewährleisten, werden der Fortschritt bei Planung, Entwicklung und Sicherung aller sechs Qualitätsziele getrennt erhoben und publiziert. Die Qualitätssicherung überprüft die Erreichung der sechs Qualitätsziele. Zur Messung des ersten und zweiten Qualitätszieles wird von der Studienkommission zumindest einmal pro Funktionsperiode eine Überprüfung des Qualifikationsprofils und der Modulbeschreibungen vorgenommen. Zur Überprüfung der Qualitätsziele zwei bis fünf liefert die laufende Bewertung durch Studierende, ebenso wie individuelle Rückmeldungen zum Studienbetrieb an das Studienrechtliche Organ, laufend ein Gesamtbild über die Abwicklung

des Studienplans. Die laufende Überprüfung dient auch der Identifikation kritischer Lehrveranstaltungen, für welche in Abstimmung zwischen Studienrechtlichem Organ, Studienkommission und Lehrveranstaltungsleiter\_innen geeignete Anpassungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt werden. Das sechste Qualitätsziel wird durch qualitätssichernde Instrumente im Personalbereich abgedeckt. Zusätzlich zur internen Qualitätssicherung wird alle sieben Jahre eine externe Evaluierung der Studien vorgenommen.

## **§12 Inkrafttreten**

Dieser Studienplan tritt mit 1. Oktober 2024 in Kraft.

## **§13 Übergangsbestimmungen**

Die Übergangsbestimmungen sind in Anhang B zu finden.



# A Modulbeschreibungen

Die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen werden in folgender Form angeführt:

9,9/9,9 XX Titel der Lehrveranstaltung

Dabei bezeichnet die erste Zahl den Umfang der Lehrveranstaltung in ECTS-Punkten und die zweite ihren Umfang in Semesterstunden. ECTS-Punkte sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden, wobei ein Studienjahr 60 ECTS-Punkte umfasst und ein ECTS-Punkt 25 Stunden zu je 60 Minuten entspricht. Eine Semesterstunde entspricht so vielen Unterrichtseinheiten wie das Semester Unterrichtswochen umfasst. Eine Unterrichtseinheit dauert 45 Minuten. Der Typ der Lehrveranstaltung (XX) ist im §6 unter *Lehrveranstaltungstypen* auf Seite 11 im Detail erläutert.

## Applied Photonics

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Vertrautheit mit fortgeschrittenen photonischen Prozessen und Konzepten, Fähigkeit zur analytischen und numerischen Behandlung einschlägiger Problemstellungen. Experimentelle Umsetzung.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften.

**Inhalt:** Literatursuche, numerische Analyse und Simulation, experimentelle Arbeiten eingebettet in laufenden Photonik-Forschungsbetrieb; Verfahren und Systeme der optischen Nachrichtentechnik, numerische Analyse photonischer Übertragungssysteme, nicht-klassische optische Verfahren der Informationsverarbeitung.

### Erwartete Vorkenntnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse aus dem abgeschlossenen Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. verwandter Studiengänge, Grundkenntnisse der Optik, Wellenausbreitung, Festkörperelektronik, Materialwissenschaft sowie der Inhalt der VO Photonik 1 und des Moduls Photonik und Quantenelektronik aus dem Masterstudium werden erwartet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Individuelle, intensive Betreuung von Kleinstgruppen (2-3 Student\_innen); Diskussion von Literatursuche-Ergebnissen, Anleitung zur Simulation und experimentelle Umsetzung

von photonischen Problemlösungen. Anleitung zur Präsentations- und Publikationstechnik.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 VU Photonik-Vertiefung

3,0/2,0 VO Optische Nachrichtentechnik

## **Bauelemente und Systeme**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

#### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Bildungsziele sind die Technologie der integrierten Schaltungen, beginnend bei den Einzelprozessen, gefolgt von der Prozess- und Device-Architektur der verschiedenen IC-Technologiefamilien (CMOS, Bipolar, BiCMOS) bis hin zum Packaging, sowie wesentlichen technologiebezogene Aspekte wie Layout, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit. Des Weiteren wird ein tiefergehendes Verständnis der fachlichen Grundlagen im Bereich der Mikrosystemtechnik, ausgehend von ausgewählten Technologien bis hin aktuellen Bauelemente-Konzepten der Mikrosensorik, -aktuatorik und daraus resultierenden Systemen mit modernen Aufbau- und Verbindungskonzepten vermittelt. Ferner werden aktuelle Anwendungsgebiete der Mikro- und Nanosystemtechnik ausführlich vorgestellt, sowie die fachlichen Grundlagen der Modellierung und numerischen Simulation moderner Halbleiter-Bauelemente mit Anwendungsbeispielen der Halbleiterbauelementsimulation, zur kritischen Lösung ingenieur-relevanter Fragestellungen vermittelt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fundierte Kenntnisse der Technologie der integrierten Schaltungen, der Mikrosystemtechnik und der Bauelementmodellierung befähigen zum Entwurf und Verständnis von modernen komplexen Bauelementen, elektrischen Schaltungen und Mikrosystemen. Gerade der derzeit verfolgte Trend zu „Beyond Moore“, d.h. weg vom bedingungslosen Verkleinern mikro-elektronischer Schaltungen (Moore's Law), erfordert das Verständnis komplexer Schaltungen von heterogenen Bauelementen die auf einem einzelnen Chip integriert produziert werden (system-on-a-chip) bis hin zu neuen Systemarchitekturen mit sensorischen und aktorischen Funktionen.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Die gebotenen Lehrinhalte befähigen zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt: Integrierte Bauelemente:** Aufbauend auf den im Bachelorstudium erworbenen Kenntnissen über den Aufbau und die Funktionsprinzipien der einzelnen Halbleiterbauelemente wird in diesem Modul die gleichzeitige Herstellung all dieser Kompo-

nenten auf einem Halbleitersubstrat, d.h. die Technologie der Prozessintegration, erarbeitet. Gegenstand sind daher alle Schlüsselprozesse der modernen Halbleiterfertigung, insbesondere Dotierung, Schichterzeugung, Strukturierung und Strukturübertragung mit den modernsten Techniken. Darauf aufbauend werden die Prozess- und die Device-Architekturen der integrierten Bauelemente bis hin zum Packaging behandelt, sowie wesentliche technologiebezogene Aspekte wie Layout, Designregelwerk, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit speziell ausgearbeitet. Abschließend werden die erworbenen Kenntnisse an Hand einschlägiger aktueller Publikationen überprüft.

**Mikrosystemtechnik:** Aufbauend auf den erworbenen Kenntnissen aus dem Bereich Mikrosensoren und Halbleiterbauelemente sollen spezifische Technologien der Mikrosystemtechnik vorgestellt und vertiefend behandelt werden. Darauf aufbauend werden moderne Konzepte zur Realisierung von mikrosensorischen/mikroaktorischen Bauelemente vermittelt und die entsprechenden Bauelemente-Eigenschaften ausführlich diskutiert. Die daraus resultierenden Systeme mit ihren besonderen Aufbau- und Verbindungskonzepten bzw. die Implementierung der Mikrosysteme in technische Systeme, wie das Automobil, das Flugzeug oder in moderne Kommunikationsgeräte, wie Mobiltelefone, ist ebenfalls Gegenstand der Lehrveranstaltung. Aktuelle Fragestellungen werden auch an Hand von Publikationen aus einschlägigen Fachjournalen selbständig erworben.

**Modellierung:** Drift-Diffusions Modell, Randbedingungen, Kontakte, Grenzflächenmodelle und Heteroübergänge. Selbsterwärmungseffekte und Wärmeleitungsgleichung, thermische Randbedingungen. Modellierung der Beweglichkeit, Streuprozesse, Kanalquantisierung. Numerische Methoden: Diskretisierung partieller Differentialgleichungen (finite Differenzen- und Boxintegrations-Methode), Dämpfung und Konvergenz des Newtonverfahrens. Simulation: Stromloser Fall und kapazitive Bauelement-Eigenschaften, linearer und nichtlinearer Bereich, statische und dynamische Eigenschaften, unipolare und bipolare Bauelemente.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlegende fachliche und methodische Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Halbleiterphysik, elektronische Bauelemente, sowie der Sensorik und Sensorsystemen werden erwartet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verständnis für anwendungsbezogene Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:**

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung, Tests möglich.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente

3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 VU Modellierung elektronischer Bauelemente

**Bauelemente und Systeme – Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls haben Studierende vertiefte Kenntnisse im Bereich ausgewählter Herstellungsverfahren als auch Mess- und Wandlerprinzipien mikro- und nanomechanischer Sensoren, Aktuatoren und Systemen. Studierende besitzen zudem ein Verständnis der zugrundeliegenden physikalischen und technischen Problemstellungen und kennen spezifische Arbeitsmethoden zur Lösung einschlägiger Fragestellungen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden erhalten Kenntnisse über charakteristische Limitierungen der vermittelten Herstellungsverfahren und sind in der Lage, selbst komplexe Fertigungsabläufe zu verstehen. Diese Kenntnis über deren vielschichtigen Abhängigkeiten befähigen sie zum Finden besonderer Lösungsstrategien. Ferner haben Studierende Kenntnisse über die physikalischen und technischen Grenzen einzelner Mess- und Wandlerprinzipien und deren Auswirkung auf gängige Anwendungsszenarien. Studierende besitzen die Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen in den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt. Im Rahmen von Laborübungen können Studierende mit Forschenden direkt zusammenarbeiten und so ihre Teamfähigkeit weiterentwickeln und gleichzeitig Einblicke in wissenschaftliches Arbeiten gewinnen. Durch „inverted classroom“ Konzepte (z.B. in VO Aktorik) wird die Kompetenz zum Selbststudium gestärkt und gleichzeitig eine höhere Interaktion mit den Lehrenden gefördert

**Inhalt:**

- Vertiefende Kenntnisse auf dem Gebiet von mikro- und nanotechnisch hergestellten Sensoren, Aktuatoren und Systemen insbesondere zur Erfassung und Umsetzung physikalischer Größen
- Diskussion von ausgewählten MEMS/NEMS Herstellungsverfahren und deren Integration zu einem Gesamtprozess
- Vermittlung der physikalisch-technischen Grundlagen von Mess- und Wandlerprinzipien (piezoelektrisch, kapazitiv, piezoresistiv) für mikro- u. nanomechanische Strukturen und Bauelemente
- Vermittlung von zentralen, physikalischen Kenngrößen funktionaler MEMS/NEMS Materialien

- Methoden zur analytischen Beschreibung von sensorischen und aktorischen MEMS/NEMS Bauelementen und Extraktion von Bauelemente-relevanten Parametern
- Aktuelle Anwendungsbeispiele von sensorischen und aktorischen Bauelementen und daraus resultierenden Systemen
- Herstellung von MEMS/NEMS Bauelementen an Hand ausgewählter Technologieschritte im Reinraum und deren Charakterisierung

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Sensorik/Aktorik, Technologie und entsprechender Herstellungsverfahren. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesung Sensorik und Sensorsysteme aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Fähigkeit zum Verständnis aktueller Fragestellungen aus dem Bereich Mikro- und Nanosensorik, Mikro- und Nanoaktorik und daraus resultierender Systeme wird vorausgesetzt.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Mündliche Prüfungen über die theoretischen Grundlagen und methodischen Ansätze sowie Illustration der Anwendungen an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen; Erarbeiten aktueller Forschungsthemen an Hand von Veröffentlichungen in einschlägigen Fachjournalen und Konferenzen; Praktische Übungen zu den genannten Themengebieten.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

- 3,0/2,0 VU Sensorik
- 3,0/2,0 VO Aktorik
- 3,0/2,0 UE Labor Mikrosystemtechnik

**Coherent Optics**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Vertrautheit mit fortgeschrittenen Verfahren der kohärenten Optik.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften.

**Inhalt:** Bildgebung und -verarbeitung, nichtlineare optische Prozesse, Grundlagen der optischen Metrologie, medizinische Laseranwendungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse aus dem abgeschlossenen Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. verwandter Studien sowie Grundkenntnisse der Optik, Wellenausbreitung, Festkörperelektronik, Materialwissenschaft werden erwartet. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesung Photonik 1 sowie des Moduls Photonik und Quantenelektronik wird implizit vorausgesetzt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:** Eine Auswahl von drei dieser Lehrveranstaltungen ist zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Fourier-Optics/Optical Image Processing

3,0/2,0 VO Nonlinear Optics

3,0/2,0 VO Optische Präzisionsmetrologie

3,0/2,0 VO Nano-Photonik

3,0/2,0 VU Progress in Quantum Electronics

## **Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Das Modul vermittelt Kenntnisse des Gebiets der elektrochemischen Energieumwandlung und Energiespeicherung aus verschiedenen Blickwinkeln: i) Aus Sicht der Elektrochemie, d.h. mit Schwerpunkt auf physikalisch-chemischen Prozessen in den Zellen und deren Beschreibung, ii) aus (mess-)methodischer Sicht mit starkem Bezug zur Elektrotechnik, iii) aus materialwissenschaftlicher Sicht mit Betonung der Materialeigenschaften und deren Verständnis.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zur Bewertung von Vor- und Nachteilen verschiedener elektrochemischer Energietechnologien und zur Anwendung elektrochemischer, messtechnischer und material-wissenschaftlicher Grundlagen bei der Optimierung von elektrochemischen Energieumwandlungssystemen.

**Inhalt:** • Grundprinzipien elektrochemischer Thermodynamik und Kinetik

- Elektrochemische Energieumwandlungs- und -speicherungssysteme (Batterien, Brennstoffzellen, Elektrolysezellen, Superkondensatoren)
  - Eigenschaften dieser Systeme und Erklärung dieser Eigenschaften aus den Grundprinzipien elektrochemischer Thermodynamik und Kinetik
  - Charakterisierung von elektrochemischen Prozessen mit Hilfe von elektrischen/elektrochemischen Messmethoden (Voltammetrie, Impedanzspektroskopie, stationäre Methoden, kontrollierter Stofftransport, u.a.)
  - Exemplarisches Vermitteln der Beziehungen zwischen Struktur und Aufbau von Festkörpern einerseits und Funktion bzw. Eigenschaft andererseits. Schwerpunkt: Materialien für Energieumwandlungssysteme wie Brennstoffzellen und Batterien, Gassensoren, Halbleiter, Piezokeramiken, u.a.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlegende Kenntnisse zu Werkstoffen in der Elektrotechnik, physikalische Grundlagen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Keine.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag mit Präsentation von Beispielen, Diskussion mit den Studierenden. Leistungskontrolle durch schriftliche oder mündliche Prüfung.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung

3,0/2,0 VO Elektrochemische Mess- und Untersuchungsmethoden

3,0/2,0 VO Anwendungen elektrochemischer Materialien

## **Emerging Devices**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kennenlernen neuartiger Konzepte für mikroelektronische, nanoelektronische und optoelektronische Bauelemente, sowie Erlernen der analytischen und numerischen Analyse einschlägiger Problemstellungen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Eigenständiges Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften, um neue Bauelemente zu analysieren und zu designen. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt:** Theorie und Technologie aktueller CMOS: 3D Trigate, SOI, Fin und nanowire FETs, single- und double gate Bauelemente, sperrschichtfreie MOSFETs; FETs mit high-mobility channels, GaN, III-Vs, Carbon Nanotubes und Graphen als neues Kanalmaterial, Spin FETs und Spin MOSFET, Spin Kommunikation, Spin Hall Effekt FETs, Landau-Zener tunnel Spin Transistor, Anti-Ferromagnetische Materialien für Spintronik-Anwendungen, Ansätze für universelle Speicher, Optoelektronische Bauelemente.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Bachelor-Kenntnisse in den Fachgebieten der Elektrotechnik, der Mikroelektronik, Festkörperelektronik oder Physik, der Materialwissenschaften oder Prozesstechnologien.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen auf Bachelor-Niveau.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:**

Mündliches Abfragen der wichtigsten Lehrinhalte. Seminarvortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Individuelle, intensive Betreuung von Kleinstgruppen (2-3 Student\_innen); Diskussion von Literatursuche-Ergebnissen, Anleitung zur Simulation und Umsetzung von elektronischen Problemlösungen. Anleitung zur Präsentations- und Publikationstechnik.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

- 3,0/2,0 VO Zukünftige Speicher und Logikelemente
- 3,0/2,0 VO Neuartige nano- und optoelektronische Bauteile
- 3,0/2,0 SE Emerging Devices
- 3,0/2,0 SE Mikro- und nanoelektronische und optische Bauelemente
- 3,0/2,0 VO Emerging Devices in Power Applications

**Freie Wahlfächer und Transferable Skills**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:** Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.



**Inhalt:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:** Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls können frei aus dem Angebot an wissenschaftlichen und künstlerischen Lehrveranstaltungen, die der Vertiefung des Faches oder der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen dienen, aller anerkannten in- und ausländischen postsekundären Bildungseinrichtungen ausgewählt werden, mit der Einschränkung, dass zumindest 4,5 ECTS aus den Themenbereichen der Transferable Skills zu wählen sind. Für die Themenbereiche der Transferable Skills werden insbesondere Lehrveranstaltungen aus dem zentralen Wahlfachkatalog der TU Wien für „Transferable Skills“ empfohlen.

## **Integrierte Schaltungen**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse der Theorie der unten genannten Themengebiete, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in der Mikro- und Nanoelektronik relevant sind. Kenntnisse über mathematische Methoden zu unten genannten Themengebieten zum Lösen von Problemstellungen speziell für die Dimensionierung und den Entwurf integrierter Schaltungen sowie zu deren Anwendung.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten und zur eigenständigen Entwicklung analoger und digitaler integrierter Schaltungen. Die Beherrschung der Grundlagen des methodischen Entwurfs integrierter analoger und digitaler Schaltungen zur Entwicklung von mixed-signal ICs oder analog-digitaler Systems-on-Chip ist in der Halbleiterindustrie unerlässlich. Dieses Modul vermittelt das grundlegende Wissen für den Entwurf modernster integrierter Schaltungen.

**Inhalt:** Einführung in die Grundlagen analoger und digitaler integrierter Schaltungen, analoge integrierte Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen, Methoden zur Verbesserung des Matchings, Methodik zu Entwurf und Dimensionierung analoger ICs, Simulation integrierter Schaltungen, Entwurf digitaler Schaltungen mittels VHDL und auf Registertransferebene, Methoden und Algorithmen für die Synthese digitaler Schaltungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlegende Kenntnisse aus den Bereichen analoge und digitale Schaltungen, Grundlagen der diskreten Schaltungstechnik, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik, sowie der Inhalt der VO Schaltungstechnik werden erwartet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Schriftliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen bzw. Simulationsaufgaben, Tests möglich.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:** Beide VUs sind verpflichtend, sowie eine der angebotenen Laborübungen ist wahlweise zu absolvieren.

3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen

3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen

3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen

3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen

## **Integrierte Schaltungen - Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Vertiefung der unten genannten Themengebiete, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in der Mikro- und Nanoelektronik relevant sind. Kenntnisse über EDV-gestützte Entwurfsmethoden sowie zur Verifizierung von analogen integrierten Schaltungen. Kenntnisse modernster integrierter analoger Schaltungstechnik.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf Fragestellungen des IC-Entwurfs. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten sowie zur eigenständigen Entwicklung analoger integrierter Schaltungen und von ASICs. Vertiefung des methodischen Entwurfs testbarer, integrierter analoger Schaltungen. Layouterstellung und der Verifikation von IC-Entwürfen. Dieses Modul vermittelt vertiefende Fertigkeiten für den Entwurf modernster integrierter Schaltungen.

**Inhalt:** Einführung in die Testsystematik integrierter Schaltungen, Layout analoger Schaltungsmodule, Design-Rule Check, Layout Versus Schematic, Extraktion und Post-

layoutsimulation analoger ICs, moderne Schaltungstechnik analoger integrierter Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse zu analogen integrierten Schaltungen, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik, zum Entwurf analoger integrierter Schaltungen sowie der Inhalt der VO Analoge integrierte Schaltungen wird erwartet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen und Entwurfsaufgaben, Tests möglich.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung

3,0/2,0 SE Schaltungstechnik

## **Mikro- und Nanosystemtechnik**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlegende Kenntnisse über mikro- und nanotechnisch hergestellte sensorische und aktorische Bauelemente und die dafür notwendigen Materialien und Fertigungs- und Packagingprozesse; Vertrautheit mit den daraus resultierenden Systemen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fertigkeit zum Verstehen der wissenschaftlich-technisch relevanten Fragestellungen; eigenständiges Erarbeiten und Bewerten von „state of the art“ Bauelementekonzepten und Systemen an Hand der einschlägigen Fachliteratur. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt:** Einführung Finite Elemente Methode, eigenständige Bearbeitung von aktuellen Themen der Mikro- und Nanosystemtechnik mit Hilfe von COMSOL; Diskussion der Ergebnisse; Bewertung mittels einschlägiger Fachliteratur.

Vorstellung industrierelevanter, aktueller Themen aus dem Bereich der Mikro- und Nanosystemtechnik; Bewertung von aktuellen Bauelementekonzepten in Bezug auf verwendete Herstellungstechnologien, Bauelementverhalten und daraus abgeleiteten Systemen; Aspekte der Integration in technisch relevante Systeme.

Vorstellung aktueller Fragestellungen aus dem Bereich der Mikro- und Nanofluidik; Technologie und Einsatzgebiete von „Lab-on-Chip“ Systemen, auch in Kombination mit magnetischen Werkstoffen; Diskussion aktueller Forschungsthemen aus dem Bereich der Mikro- und Nanosensorik an Hand einschlägiger Fachliteratur.

Diskussion aktueller Forschungsthemen aus dem Bereich der Aufbau- und Verbindungstechnik in Bezug auf mikro- und nanotechnisch hergestellten sensorischen und aktorischen Bauelementen an Hand einschlägiger Fachliteratur; Bewertung von thermischen Effekten; Aspekte der Zuverlässigkeit von Packages.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Sensorik, Technologie und entsprechender Herstellungsverfahren. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesungen Sensorik, Sensorsysteme und Elektronische Bauelemente wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Fähigkeit zum Verständnis aktueller Fragestellungen aus dem Bereich Mikro- und Nanosystemtechnik.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:**

Mündliche Prüfungen über die theoretischen Grundlagen und methodischen Ansätze sowie Illustration der Anwendungen an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen; Erarbeiten aktueller Forschungsthemen an Hand von Veröffentlichungen in einschlägigen Fachjournalen und Konferenzen; Praktische Übungen zu den genannten Themengebieten.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:** Eine Auswahl von drei dieser Lehrveranstaltungen ist zu absolvieren:

- 3,0/2,0 VU Simulation von Mikrosystemen
- 3,0/2,0 VO Mikro- und Nanosystemtechnik
- 3,0/2,0 VO Mikro- und Nanofluidik
- 3,0/2,0 SE Mikro- und Nanosensorik
- 3,0/2,0 SE Seminar Sensorik und Packaging
- 3,0/2,0 VU Nanoelectromechanical Systems
- 3,0/2,0 VO Theorie, Modellierung und Simulation mikro- und nanoelektromechanischer Systeme (MEMS/NEMS)

## **More-than-Moore ICs and Systems**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Vertiefung der unten genannten Themengebiete, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in der Mikroelektronik, Mi-

krosystemtechnik und der Photonik relevant sind. Kenntnisse zur Auswahl und Anwendung von MEMS Sensoren und Aktuatoren sowie zu optischen Empfängern. Kenntnisse zu aktuellen Technologieentwicklungen im Bereich der Mikrosystemtechnik als auch zu modernster integrierter analoger und optoelektronischer Schaltungstechnik abseits des Scalings von CMOS.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Dieses Modul vermittelt die Fertigkeiten, Fragestellungen der Auswahl von ICs und des IC-Entwurfs zu lösen. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten zu analogen integrierten Schaltungen, optischen Sensor-ICs und von MEMS ICs in Zusammenarbeit mit Design-Häusern und ASIC-Herstellern. Beherrschung der physikalisch-technischen Methoden und Grundlagen zur Bewertung von MEMS-basierten Sensoren und Aktuatoren und daraus aufgebauten Systemen. Eigenständiges Erarbeiten von Vorschlägen und Konzepten auf Basis bestehender MEMS Bauelementen und Systemen. Vertiefende Methoden des Entwurfs von MEMS, integrierter analoger und opto-elektronischer Schaltungen.

**Inhalt:** Einführung in die Grundlagen integrierter Fotodetektoren, integrierter optoelektronischer Sensoren, moderne Schaltungstechnik analoger und opto-elektronischer integrierter Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen, Schaltungen zu MEMS-Sensoren. Eigenständiges Erarbeiten des „state of the art“ an Hand von Publikationen aus einschlägigen Fachzeitschriften und Konferenzen zu aktuellen Fragestellungen im Bereich MEMS spezifischer Technologieentwicklungen, Bauelementen und Systemen sowie relevanter Auswerte- und Ansteuerschaltungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere Grundlagen der diskreten und analogen Schaltungstechnik, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie, Halbleiterphysik, der Sensorik und der Mikrosystemtechnik.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen. Verständnis für und Interesse an grundlagen- als auch anwendungsorientierten Fragestellungen aus dem Bereich der Mikrosystemtechnik.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Mündliche Prüfungen mit Theorie- und Verständnisfragen bzw. Beurteilung des Seminarvortrages.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Optoelektronische integrierte Schaltungen

3,0/2,0 SE Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 SE Neue Entwicklungen der integrierteren Schaltungstechnik

# Nanoelektronik

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

## Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Das Bildungsziel ist das technologische Verständnis, inwieweit neuartige, niederdimensionale Systeme zur Herstellung zukünftiger Bauelemente herstellbar und verwendbar sind. Die Limitierungen und neuesten Techniken sollen den Studierenden ein Gefühl für die Machbarkeit vermitteln. Dies betrifft die Simulation von Prozessen in der Halbleitertechnologie genauso, wie ein tieferes Verständnis der zugrundeliegenden physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Herstellung und dem Betrieb von niederdimensionalen Bauelementen und der Probleme für Schaltungen sowie entsprechender Lösungsmöglichkeiten.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die systematische Behandlung neuer Technologien für zukünftige Bauelemente umfasst ein Verständnis und Anwenden der Beschreibung (Modelling) und Herstellung (Processing) neuer, vor allem niederdimensionaler und nanoskopischer Strukturen, aber auch der Kombination von Materialsystemen zu hybriden Systemen. Diese Bauelementekonzepte bilden eine fundierte Basis für zukünftige Entwicklungsingenieure, da es unterschiedliche Technologien und deren Limitierungen sowie die entsprechende Schaltungstechnik den Studierenden näherbringt. Es soll eine durchgehende Verbindung zwischen der Halbleiterphysik, Halbleitertechnologie, Halbleiterbauelementen und Schaltungen hergestellt werden, insbesondere auch im Hinblick auf soziale und ökologische Aspekte. Konkrete Beispiele aus der industriellen Praxis und state-of-the-art Technologien von verschiedenen Forschungslabors bzw. der Nanometer-Schaltungstechnik werden im Rahmen der Lehrveranstaltungen und dem verpflichtenden Seminar an die Studierenden herangeführt.

**Inhalt:** Halbleiter-Prozess-Modellierung: Modelling für forschungsrelevante Themen aus dem Bereich niederdimensionaler Systeme in der Nanotechnologie (Wachstum von Silizium-Nanowires - Nanotechnologie-Simulation - Zellwachstum auf einem Siliziumchip, etc.).

Nanoelektronik: Einführung in die physikalischen Eigenschaften von Halbleiterbauelementen im Nanometerbereich und in die Physik niedrigdimensionaler Elektronensysteme. Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen, wie z.B. Single Electron Transistoren, sub- $\mu\text{m}$  Tunneldioden oder Transistoren mit potentialmodulierter Gateregion. Zum Verständnis der Kennlinien solcher Nanostrukturen werden laterale und vertikale Transporteffekte diskutiert. Numerische Methoden zur Modellierung. Raster-Sondenmikroskopie an Nanostrukturen.

Chemie für Mikro- und Nanoelektronik: Es werden grundlegende Kenntnisse der Chemie (Verbindungsklassen, Stöchiometrische Zusammensetzung, Säuren/Basen, RedOx-Reaktionen, Thermodynamik, Reaktionskinetik, Funktionalität organischer Gruppen, Nomenklatur organ. Verbindungen) vermittelt und anhand von Beispielen aus der Mikrostrukturierung (Ätzen, Lithographie, Reinigung mit Lösungsmitteln, Dauer von Reaktionen, Mischungsverhältnisse von 2 Reaktionspartnern) in Übungsbeispielen angewandt.

Nanostrukturierung niedrigdimensionaler Systeme: Aufbauend auf der Kenntnis der Basistechnologien in der Halbleiterfertigung. Grundlagenverständnis der verschiedenen Technologien zur Nanostrukturierung von Bauelementen (elektronische und optoelektronische Bauelemente) vermittelt werden. Vorteile, Nachteile und Limitierungen der unterschiedlichen möglichen Technologien zur Herstellung niederdimensionaler Strukturen verschiedener elektronischer / optoelektronischer Halbleiter-Bauelemente werden diskutiert.

Heterostrukturen für Nanoelektronik und Photonik: Herstellung von Heterostrukturen und komplexen Nanosystemen, ändert sich durch die an neue Bauelemente gestellten Anforderungen. Bauelemente werden schneller, kleiner, und smarter werden. Die neuen Anforderungen an Epitaxieverfahren, Strukturierung, Strukturübertragung, Isolierungskonzepte, Kontaktierungsmethoden und die dabei zu beachtenden Prozessabfolge wird diskutiert.

Bearbeitung kleiner Projekte zur Schaltungstechnik mit extremen Kurzkanal-MOSFETs mit Strukturgrößen um und unter 100nm: Maßnahmen zur Verstärkungserhöhung bei kleinen Early-Spannungen, Kaskadierte Verstärker, OPAMPs, Kompensationsmethoden, Komparatoren, Filter, PGAs, digitale Schaltungen für Gate-Tunnelströme.

#### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Fachliche und methodische Kenntnisse aus einem abgeschlossenen Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder der technischen Physik sowie die Kenntnis des Inhalts folgender Lehrveranstaltungen: VU Halbleiterphysik (oder eine vergleichbare Lehrveranstaltung einer anderen Hochschule)

VU Elektronische Bauelemente (oder eine vergleichbare Lehrveranstaltung einer anderen Hochschule)

VO Sensorik und Sensorsysteme (oder eine vergleichbare Lehrveranstaltung einer anderen Hochschule)

VU Schaltungstechnik (oder eine vergleichbare Lehrveranstaltung einer anderen Hochschule)

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verständnis für anwendungsbezogene Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie und Schaltungsdesign.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung, Tests möglich. Seminarvortrag über ausgewählte Kapitel neuer Technologien oder Schaltungen.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Halbleiter-Prozess-Modellierung

3,0/2,0 VU Nanoelektronik  
3,0/2,0 VU Prozesschemie für Mikro- und Nanoelektronik  
3,0/2,0 VU Nanostrukturierung niedrigdimensionaler Systeme  
3,0/2,0 VU Heterostrukturen für Nanoelektronik und Photonik

Aus den folgenden beiden Lehrveranstaltungen ist eine Lehrveranstaltung verpflichtend zu absolvieren:

3,0/2,0 SE Mikro- und nanoelektronische und optische Bauelemente  
3,0/2,0 SE Nanoelektronische Schaltungen

## Novel Optical Sources

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Vertrautheit mit innovativen kohärenten optischen Quellen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften.

**Inhalt:** Femtosekundenlaser, optische parametrische Oszillatoren, Terahertz-Quellen, Halbleiterlaser.

### Erwartete Vorkenntnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse aus dem abgeschlossenen Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. verwandter Studien sowie Grundkenntnisse der Optik, Wellenausbreitung, Festkörperelektronik, Materialwissenschaft werden erwartet. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesung Photonik 1 sowie des Moduls Photonik und Quantenelektronik wird implizit vorausgesetzt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:** Eine Auswahl von drei dieser Lehrveranstaltungen ist zu absolvieren.

3,0/2,0 VO THZ-Elektronik  
3,0/2,0 VO Photonische Integrierte Schaltungen  
3,0/2,0 VO Moderne Festkörperlaser



3,0/2,0 VO Ultrafast Lasers

3,0/2,0 VU Modellierung und Design von Halbleiterlaser

## Photonik und Quantenelektronik

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Festigung der quantenmechanischen Grundlagenkenntnisse und Anwendung auf optoelektronische Prozesse; Vertrautheit mit fortgeschrittenen photonischen Prozessen und Konzepten, Fähigkeit zur analytischen und numerischen Behandlung einschlägiger Problemstellungen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften, insbesondere auch im Hinblick auf soziale und ökologische Aspekte.

**Inhalt:** Hilbertraum, Postulate der QM, Erwartungswerte und Operatoren, Dirac-Formalismus, harmonischer Oszillator, Leiteroperatoren, WKB-Näherung, kp-Theorie, Matrix-Formalismus, zeitabhängige Störungsrechnung, Übergangswahrscheinlichkeiten; Oszillatorstärken, optische Nichtlinearitäten, Elemente der Feldquantisierung, Korrelationen, Entanglement. Theorie und Technologie integrierter Optik, Polarisationsoptik (Poincare-Kugel), S-Matrix Beschreibung von Interferometern, Laserdesign, 1D, 2D und 3D Festkörperoptik, Güteschaltung, Verstärkungsschaltung, Modelocking, Femtosekundenlaser, parametrische optische Verstärker und Oszillatoren. Quantenwell und Quantenkaskadenlaser, kohärente/Inkohärente Optik, Displays, Detektoren, Bildsensoren, kohärente Detektionsverfahren, Nano-Photonik, Terahertz-Photonik.

### Erwartete Vorkenntnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. verwandter Studiengänge, im Speziellen werden Grundkenntnisse der Optik, Wellenausbreitung, Festkörperelektronik, Materialwissenschaft sowie der Inhalt der VO Photonik 1 erwartet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tests.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Photonik 2

3,0/2,0 VO Optische Systeme

3,0/2,0 VO Quantenelektronik

## **Quantenelektronik - Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Vertiefung von theoretischen Aspekten der Halbleiterphysik um die Funktionsweise moderner Halbleiterbauelemente und optoelektronischer Bauelemente besser zu verstehen und deren Entwurf zu unterstützen. Die Basis dazu bilden weiterführende Grundlagen der Quantenmechanik und Festkörperphysik. Damit kann das im Pflichtmodul erworbene Wissen vertieft und eine verfeinerte theoretische Beschreibung wichtiger Bauelemente erarbeitet werden. Der systematische Einsatz numerischer Simulationstechniken und Werkzeuge erlaubt eine weitere Vertiefung des vermittelten Wissens.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die theoretischen Kenntnisse werden durch das gezielte Üben anwendungsorientierter Beispiele gefestigt. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Anwendbarkeit des theoretischen Wissens auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit den Eigenschaften moderner Bauelemente. In einer Rechenübung wird der Umgang mit dem quantenmechanischen Formalismus weiter eingeübt und analytische Lösungen für einfache quantenmechanische Systeme und Prozesse erarbeitet. Für realistische Quantensysteme hingegen werden in einer Laborübung numerische Simulationsverfahren angewendet. Auf diese Weise werden Bandstrukturen, gebundene Zustände oder die Transporteigenschaften von Nanostrukturen berechnet, sowie der Einfluss von Entwurfsparametern auf bestimmte Zielparameter aufgezeigt. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt:** Vertiefung in die physikalischen Grundlagen der Halbleiterphysik aus der anwendungsorientierten Perspektive der Mikro- und Nanoelektronik mit Schwerpunkten in den folgenden Themengebieten: Theorie der zweidimensionalen, eindimensionalen und nulldimensionalen Elektronengase, weiterführende Konzepte der Quantenmechanik wie Vielteilchensysteme, Nichtlokalität und Verschränkung, kohärenter Transport und Nichtgleichgewichts-Greensche Funktionen, Elektron-Phonon-Wechselwirkung und weitere Streuprozesse, Elektron-Photon-Wechselwirkung, Dichtematrix und Mastergleichung, numerische Bauelements simulation.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Erwartet werden theoretische Grundlagen der Halbleiterphysik aus der gleichnamigen Vorlesung im Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik sowie grundlegende Kenntnisse aus den Bereichen Halbleiter, elektronische Bauelemente und der Quantenmechanik. Kenntnisse des Inhalts der Vorlesungen Halbleiter, Elektronische Bauelemente sowie Quantenelektronik werden in diesem Modul jedenfalls implizit vorausgesetzt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen auf Bachelorniveau.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen der oben genannten Kapitel sowie Illustration von deren Anwendung an Hand von ingenieurwissenschaftlichen Beispielen. Einüben des Gelernten in einer Rechenübung als Teil der VU, Anleitung zur Simulation von quantenelektronischen Systemen in der LU. Leistungsbeurteilung durch mündliche Prüfungen über die theoretischen Grundlagen, schriftliche Zusammenfassung der in der Simulationsübung erhaltenen Ergebnisse.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Halbleiterelektronik

3,0/2,0 VU Quantenelektronik

3,0/2,0 LU Rechenmethoden der Quantenelektronik

**Technologie und Materialien**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Bildungsziele sind die Kenntnis der Materialien, der Schlüsselprozesse und der Technologiefamilien für die Fertigung moderner Strukturen, Komponenten und Bauelemente der Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik, die Kenntnis der zugrundeliegenden physikalischen, chemischen und mathematischen Eigenschaften sowie der physikalischen, chemischen und elektrischen Charakterisierungsmethodiken.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verständnis des physikalischen, chemischen und mathematischen Hintergrundes von ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen im Bereich der Materialien und Technologien für die Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik, der physikalisch-chemischen Zusammenhänge bei der Prozessierung, sowie deren Bedeutung für mögliche Bauelemente-Konzepte und Bauelemente-Architekturen. Beherrschung der physikalischen, chemischen und mathematischen Methoden und Grundlagen der Materialwissenschaften und der zur Verfügung stehenden

Technologiefamilien, die notwendig sind für die Konzeption und die Herstellung elektronischer, photonischer und sensorisch-aktuatorischer Strukturen, Komponenten und Bauelemente. Die Fähigkeit, eigenständig Konzepte für elektronische, photonische und sensorisch-aktuatorische Strukturen, Komponenten und Bauelemente zu entwickeln, prozesstechnisch umzusetzen und zu charakterisieren. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt

**Inhalt:** Das Modul Technologie und Materialien vermittelt umfassende Kenntnisse der Materialien, Prozesse und Technologien, die die Basis für die moderne Nanoelektronik, Nanophotonik und Mikrosystemtechnik bilden. Element- und Verbindungshalbleiter der Gruppen IV und III-V, sowie Oxidkeramiken sind die Schwerpunkte auf der Materialseite. Ausgehend von deren materialwissenschaftlichen Grundlagen werden die zugehörigen Prozesstechnologien für die Herstellung von mikro- und nanoskaligen, 1-, 2- und 3-dimensionalen Strukturen, Komponenten und Bauelementen erarbeitet. Schwerpunkte hier sind die Schlüsselprozesse Schichterzeugung inklusive MBE und ALD, Schichtstrukturierung mit Photo- und Elektronenstrahl-Lithographie sowie Ätztechniken mit HF-Plasmaprozessen, selektive Wachstumsprozesse für (quasi-) 1-, 2- dimensionalen Strukturen wie Nanodots und Nanowires, und in-situ und ex-situ Material- und Prozess-Charakterisierungsverfahren.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Fachliche und methodische Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder der technischen Physik.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verständnis für anwendungsbezogenen Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Erfolgskontrolle durch selbstständiges Erarbeiten und Präsentation von „state of the art“ Technologiepapieren von aktuellen internationalen Konferenzen. Fertigungserfahrung für die neuen Technologien durch Laborpraktika in speziell ausgestatteten Labors, wie den Reinraum des ZMNS und die Labors der Photonik und des ISAS.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 VO Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 UE Technologie-Labor

## Technologien und Materialien - Vertiefung

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Bildungsziele des Vertiefungsmoduls sind weitergehende Kenntnisse der Materialien, der Schlüsselprozesse und der Technologiefamilien für die Fertigung moderner Bauelemente und Komponenten der Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik. Leitlinie ist hier die Heranführung der Studierenden an die aktuellen Forschungsthemen auf den Gebieten der Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik und an deren aktuellen Fragestellungen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verständnis des physikalischen, chemischen und mathematischen Hintergrundes von aktuellen ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen und Forschungsthemen im Bereich Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik. Beherrschung der physikalischen, chemischen und mathematischen Methoden und Grundlagen der Materialwissenschaften und der Materialtechnologien, die notwendig sind um aktuelle Forschungsthemen auf diesen Gebieten zu bearbeiten, insbesondere auch im Hinblick auf soziale und ökologische Aspekte.

**Inhalt:** Das Modul „Technologie und Materialien – Vertiefung“ vermittelt vertiefende Kenntnisse der Technologien und der Materialien für die Schwerpunkte Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik. Aufbauend auf dem Modul 1, werden hier die Schwerpunkte auf spezifische Fragestellung sowohl auf der Materialseite als auch auf der Technologieseite gelegt. Im Sinne einer forschungsgeleiteten Lehre bestimmen hier die aktuellen Forschungsthemen der Lehrveranstaltungsleiter die Themen der Vertiefung. Im Einzelnen sind das für den Bereich Nanoelektronik die sogenannten „more Moore“ und „beyond Moore“ Technologien, im Bereich Photonik Technologien zur Herstellung neuartige Quellen und Detektoren, und im Bereich Mikrosystemtechnik robuste Bauelemente aus unkonventionellen Substrat- und Dünnschichtmaterialien für Anwendungen unter z.B. rauen Umgebungsbedingungen (Temperatur, Druck, aggressive Medien, etc.).

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Fachliche und methodische Kenntnisse aus dem Bachelorstudium der Elektrotechnik bzw. verwandter Studien und dem Modul Technologie und Materialien.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verständnis für anwendungsbezogenen Fragestellungen aus den aktuellen Forschungsthemen der die Lehrveranstaltung tragenden Institute.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Erfolgskontrolle durch selbstständiges Erarbeiten und Präsentation von „state of the art“ Technologiepapieren von aktuellen internationalen Veröffentlichungen/Konferenzen.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Mikroelektronik

3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Photonik

3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Mikrosystemtechnik

## **Zuverlässigkeit Mikroelektronik**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Zu den Bildungszielen gehört die grundlegende Erkenntnis, dass in den Grundlagenfächern idealisierte Bauelemente behandelt werden. Reale Bauelemente unterscheiden sich in mehrerlei Hinsicht, einerseits dadurch, dass ihre Topologien komplizierter sind (z.B. nichtplanar), die Dotierungsprofile von den erwarteten Profilen abweichen, dass auch nominell gleich hergestellte Bauelemente unterschiedlich sind (Variability) und vor allem, dass sich die elektrischen Eigenschaften dieser Bauelemente und Schaltungen im Betrieb ändern. Diese Änderungen führen in der Regel zu einer Verschlechterung der Eigenschaften bis hin zu einem kompletten Ausfall. Viele dieser Degradationsprozesse sind heute nur unzureichend verstanden, werden aber mit fortschreitender Miniaturisierung immer wichtiger. In diesem Wahlmodul werden die wichtigsten Grundlagen vermittelt, die es erlauben, den aktuellen Stand der Forschung kritisch zu hinterfragen. Ein solides Grundlagenwissen ist insofern von besonderer Bedeutung, als dass viele Degradationsphänomene derzeit noch nicht hinreichend verstanden sind.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die fundierten Kenntnisse, die in diesem Modul vermittelt werden, ermöglichen ein Zurechtfinden in der aktuellen Literatur und den sich ständig ändernden Modellvorstellungen. Die gebotenen Lehrinhalte befähigen zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis.

**Inhalt:** Idealisiertes im Vergleich zum realen Bauelementverhalten, Variabilität, ideale Kristalle und Grenzflächen im Vergleich zu realen Strukturen, Defekte, Grundlagen Defektphysik, Grundlagen chemischer Reaktionen und stochastische/deterministische Beschreibungsmethoden, Interaktion Defekte/Bauelement, wichtige Degradationsphänomene (NBTI/PBTI, hot carriers, TDDB), Rauschen (RTN, 1/f). Idealisierte und reale Bauelementstrukturen, Grundlagen Prozesssimulation, mechanische Verspannungen/Risse/Delamination, Verdrahtungsstrukturen/Vias/Through-Silicon-Vias/Solder Bumps, Durchbruch von Dielektrika (TDDB), Zerstörung von Leiterbahnen durch Elektromigration, Probleme in der 3D Integration.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Fachliche und methodische Kenntnisse aus einem abgeschlossenen Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder der technischen Physik sowie solide Kenntnisse aus den Bereichen Halbleiterphysik und elektronische Bauelemente. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesungen Halbleiterphysik, Elektronische Bauelemente sowie Modellierung elektronischer Bauelemente wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verständnis für anwendungsbezogene Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung, Tests möglich. Vertiefung eines ausgewählten Themas im Rahmen eines Seminars.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Bauelemente

3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Prozess

3,0/2,0 SE Mikroelektronik Zuverlässigkeit

## B Übergangsbestimmungen

1. Sofern nicht anders angegeben, wird im Folgenden unter Studium das *Masterstudium Mikroelektronik und Photonik (Studienkennzahl UE 066 508)* verstanden. Der Begriff neuer Studienplan bezeichnet diesen ab 1.10.2024 für dieses Studium an der Technischen Universität Wien gültigen Studienplan und alter Studienplan den bis dahin gültigen. Entsprechend sind unter neuen bzw. alten Lehrveranstaltungen solche des neuen bzw. alten Studienplans zu verstehen (alt inkludiert auch frühere Studienpläne). Mit studienrechtlichem Organ ist das für das Masterstudium Mikroelektronik und Photonik zuständige studienrechtliche Organ an der Technischen Universität Wien gemeint.
2. Die Übergangsbestimmungen gelten für Studierende, die den Studienabschluss gemäß neuem Studienplan an der Technischen Universität Wien einreichen und die vor dem 1.7.2024 zum Masterstudium Mikroelektronik und Photonik an der Technischen Universität Wien zugelassen waren. Das Ausmaß der Nutzung der Übergangsbestimmungen ist diesen Studierenden freigestellt.
3. Auf Antrag der\_des Studierenden kann das studienrechtliche Organ die Übergangsbestimmungen individuell modifizieren oder auf nicht von Absatz 2 erfasste Studierende ausdehnen.
4. Zeugnisse über Lehrveranstaltungen, die inhaltlich äquivalent sind, können nicht gleichzeitig für den Studienabschluss eingereicht werden. Im Zweifelsfall entscheidet das studienrechtliche Organ über die Äquivalenz.
5. Zeugnisse über alte Lehrveranstaltungen können, sofern im Folgenden nicht anders bestimmt, jedenfalls für den Studienabschluss verwendet werden, wenn die Lehrveranstaltung von der\_dem Studierenden mit Stoffsemester Sommersemester 2024 oder früher absolviert wurde.
6. Überschüssige ECTS-Punkte können als Ersatz für zu erbringende Leistungen in den Freien Wahlfächern und/oder Transferable Skills verwendet werden.
7. Fehlen nach Anwendung der Bestimmungen aus den Äquivalenzlisten ECTS-Punkte zur Erreichung der notwendigen 120 ECTS-Punkte für den Abschluss des Masterstudiums, so können diese durch noch nicht verwendete Lehrveranstaltungen aus den Wahlmodulen und/oder Freien Wahlfächern und Transferable Skills im notwendigen Ausmaß abgedeckt werden.
8. Im Wahlmodul "Coherent Optics" wird die Lehrveranstaltung 3,0/2,0 VO *Laser in der Medizintechnik* durch die Lehrveranstaltung 3,0/2,0 VO *Nano-Photonik* ersetzt. Dabei gilt folgende Äquivalenz:



Studienplan Alt	Studienplan Neu
3,0/2,0 VO Laser in der Medizintechnik	3,0/2,0 VO Nano-Photonik
3,0/2,0 VO Durchstimmbare Laser	3,0/2,0 VO Photonische Integrierte Schaltungen

## C Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

### 1. Semester (WS)

30,0 ECTS

Pflichtmodul **Technologie und Materialien** (6 ECTS)

3,0/2,0 VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 VO Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik

Pflichtmodul **Photonik und Quantenelektronik** (6 ECTS)

3,0/2,0 VU Photonik 2

3,0/2,0 VO Optische Systeme

Pflichtmodul **Integrierte Schaltungen** (6 ECTS)

3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen

3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen

Pflichtmodul **Bauelemente und Systeme** (6 ECTS)

3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente

3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik

6,0 Freie Wahlfächer und Transferable Skills

### 2. Semester (SS)

30 ECTS

Pflichtmodul **Technologie und Materialien** (3 ECTS)

3,0/2,0 UE Technologie-Labor

Pflichtmodul **Photonik und Quantenelektronik** (3 ECTS)

3,0/2,0 VO Quantenelektronik

Pflichtmodul **Integrierte Schaltungen** (3 ECTS)

3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen

oder

3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen

Pflichtmodul **Bauelemente und Systeme** (3 ECTS)

3,0/2,0 VU Modellierung elektronischer Bauelemente

6,0 Vertiefungspflichtmodul 1

6,0 Vertiefungspflichtmodul 2

3,0 Wahlmodul 1

3,0 Wahlmodul 2

**3. Semester (WS)****30,0 ECTS**

3,0	Vertiefungspflichtmodul 1
3,0	Vertiefungspflichtmodul 2
6,0	Wahlmodul 1
6,0	Wahlmodul 2
9,0	Wahlmodul 3
3,0	Freie Wahlfächer und Transferable Skills

**4. Semester (SS)****30 ECTS**

30,0	Diplomarbeit
------	--------------

## **D Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen**

### **Prüfungsfach „Pflichtmodule“ (36,0 ECTS)**

#### **Modul „Technologie und Materialien“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik
- 3,0/2,0 VO Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik
- 3,0/2,0 UE Technologie-Labor

#### **Modul „Photonik und Quantenelektronik“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Photonik 2
- 3,0/2,0 VO Optische Systeme
- 3,0/2,0 VO Quantenelektronik

#### **Modul „Integrierte Schaltungen“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen
- 3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen
- 3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen
- 3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen

#### **Modul „Bauelemente und Systeme“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente
- 3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik
- 3,0/2,0 VU Modellierung elektronischer Bauelemente

### **Prüfungsfach „Vertiefungspflichtmodule“ (18,0 ECTS)**

#### **Modul „Technologien und Materialien - Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Mikroelektronik
- 3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Photonik
- 3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Mikrosystemtechnik

#### **Modul „Applied Photonics“ (9,0 ECTS)**

- 6,0/4,0 VU Photonik-Vertiefung
- 3,0/2,0 VO Optische Nachrichtentechnik

#### **Modul „Quantenelektronik - Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VO Halbleiterelektronik
- 3,0/2,0 VU Quantenelektronik
- 3,0/2,0 LU Rechenmethoden der Quantenelektronik

### **Modul „Integrierte Schaltungen - Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung  
3,0/2,0 SE Schaltungstechnik

### **Modul „Bauelemente und Systeme – Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Sensorik  
3,0/2,0 VO Aktorik  
3,0/2,0 UE Labor Mikrosystemtechnik

## **Prüfungsfach „Wahlmodule“ (27,0 ECTS)**

### **Modul „Emerging Devices“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Zukünftige Speicher und Logikelemente  
3,0/2,0 VO Neuartige nano- und optoelektronische Bauteile  
3,0/2,0 SE Emerging Devices  
3,0/2,0 SE Mikro- und nanoelektronische und optische Bauelemente  
3,0/2,0 VO Emerging Devices in Power Applications

### **Modul „Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung  
3,0/2,0 VO Elektrochemische Mess- und Untersuchungsmethoden  
3,0/2,0 VO Anwendungen elektrochemischer Materialien

### **Modul „Coherent Optics“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Fourier-Optics/Optical Image Processing  
3,0/2,0 VO Nonlinear Optics  
3,0/2,0 VO Optische Präzisionsmetrologie  
3,0/2,0 VO Nano-Photonik  
3,0/2,0 VU Progress in Quantum Electronics

### **Modul „Novel Optical Sources“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO THZ-Elektronik  
3,0/2,0 VO Photonische Integrierte Schaltungen  
3,0/2,0 VO Moderne Festkörperlaser  
3,0/2,0 VO Ultrafast Lasers  
3,0/2,0 VU Modellierung und Design von Halbleiterlaser

### **Modul „Mikro- und Nanosystemtechnik“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Simulation von Mikrosystemen  
3,0/2,0 VO Mikro- und Nanosystemtechnik  
3,0/2,0 VO Mikro- und Nanofluidik  
3,0/2,0 SE Mikro- und Nanosensorik  
3,0/2,0 SE Seminar Sensorik und Packaging

3,0/2,0 VU Nanoelectromechanical Systems  
3,0/2,0 VO Theorie, Modellierung und Simulation mikro- und nanoelektromechanischer Systeme (MEMS/NEMS)

**Modul „More-than-Moore ICs and Systems“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Optoelektronische integrierte Schaltungen  
3,0/2,0 SE Mikrosystemtechnik  
3,0/2,0 SE Neue Entwicklungen der integrierteren Schaltungstechnik

**Modul „Nanoelektronik“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Halbleiter-Prozess-Modellierung  
3,0/2,0 VU Nanoelektronik  
3,0/2,0 VU Prozesschemie für Mikro- und Nanoelektronik  
3,0/2,0 VU Nanostrukturierung niedrigdimensionaler Systeme  
3,0/2,0 VU Heterostrukturen für Nanoelektronik und Photonik  
3,0/2,0 SE Mikro- und nanoelektronische und optische Bauelemente  
3,0/2,0 SE Nanoelektronische Schaltungen

**Modul „Zuverlässigkeit Mikroelektronik“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Bauelemente  
3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Prozess  
3,0/2,0 SE Mikroelektronik Zuverlässigkeit

**Prüfungsfach „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ (9,0 ECTS)**

**Modul „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ (9,0 ECTS)**

**Prüfungsfach „Diplomarbeit“ (30,0 ECTS)**

27,0 ECTS Diplomarbeit  
3,0 ECTS Kommissionelle Abschlussprüfung