



**Studiengang**  
**"Photonik"**  
**Master of Engineering**

**Modulhandbuch**



Stand vom September 2023

**Für das Studienjahr 2023/24**

<b>Studiengangssteckbrief</b>	<b>4</b>
<i>Photonik - Matrix - Vollzeit</i>	5
<i>Photonik - Matrix - Teilzeit</i>	6
<b>1. Semester</b>	<b>7</b>
<i>Pflichtmodule</i>	7
Mathematische Methoden (MAM)	7
Messtechnik und Instrumentierung (MTI)	10
Mikrotechnologien (MIT)	13
Struktur der Materie (SDM)	16
Technische Optik 1 (TOP1)	19
Theoretische Grundlagen der Photonik 1 (TGP1)	22
<b>2. Semester</b>	<b>25</b>
<i>Pflichtmodule</i>	25
Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (FP1)	25
Lasertechnik (LTE)	28
Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)	31
Technische Optik 2 (TOP2)	35
<i>Wahlpflichtmodule</i>	40
Wahlpflichtmodul 1 (WP1)	40
<b>3. Semester</b>	<b>45</b>
<i>Pflichtmodule</i>	45
Angewandte Photonik (AGP)	45
Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (FP2)	49
Lasermaterialbearbeitung (LMB)	52
Management (MGT)	56
Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)	60
<i>Wahlpflichtmodule</i>	64
Wahlpflichtmodul 2 (WP2)	64

<b>4. Semester</b>	<b>69</b>
<hr/>	
<i>Pflichtmodule</i>	<b>69</b>
<hr/>	
Masterarbeit	<b>69</b>
<hr/>	

## Studiengangssteckbrief



Der viersemestrige Masterstudiengang Photonik (Photonics) ist ein gemeinsamer Studiengang der Technischen Hochschule Wildau und der Technischen Hochschule Brandenburg. Dieser Studiengang wurde bis 2005 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als postgradualer Studiengang gefördert. Das akkreditierte Angebot auf dem Gebiet der Optischen Technologien schließt mit dem international anerkannten Titel „Master of Engineering“ (M.Eng.) ab und eröffnet den Zugang zum höheren öffentlichen Dienst in Deutschland.

Der Masterstudiengang ist als konsekutiver Studiengang konzipiert und soll den Hochschulabsolventen mit einer traditionellen ingenieur- und naturwissenschaftlichen Ausbildung die fachübergreifende Arbeit mit optischen Technologien vermitteln. Das Studienangebot soll helfen, die Nachfrage nach qualifizierten Mitarbeitern in den optischen Technologien zu befriedigen. Unterstützung erfährt das Konzept des Studienganges vom regionalen Kompetenznetz für Optische Technologien (Optec-Berlin-Brandenburg e.V. - OptecBB e.V.), in dem sich Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen der Region mit dem Ziel zusammengeschlossen haben, Forschung, Wissenschaft, Entwicklung und Ausbildung auf dem Gebiet der Optischen Technologien / Photonik zu fördern.

Die beteiligten Hochschulen bieten speziell auf den Masterabschluss zugeschnittene Veranstaltungen aus ihrem jeweiligen Spektrum von Lehrveranstaltungen an, welche in Form von Modulen vermittelt werden. Die Immatrikulation der Studierenden erfolgt an der TH Wildau. Während des Studiums besuchen sie Vorlesungen und Praktika der TH Wildau und der TH Brandenburg. Um das Angebot so aktuell wie möglich zu halten, arbeiten neben den Professoren der Hochschulen auch qualifizierte Fachleute anderer Hochschulen, aus der Industrie und regionalen Forschungsinstituten als Dozenten im Masterstudiengang Photonik mit.

Der Lernerfolg wird durch entsprechende Modulprüfungen erfasst. Die Note eines Moduls ergibt sich entsprechend dem Modulhandbuch entweder direkt als Note einer gemeinsamen Modulprüfung zu den Lehrgebieten des Moduls oder als gewichtetes Mittel der Prüfungsnoten der einzelnen Lehrgebiete des Moduls. Die Wichtung der Lehrgebiete zur Ermittlung der Modulnote wird als Quotient aus den ECTS-Punkten (CP) des Lehrgebietes geteilt durch die ECTS-Punkte des Moduls berechnet. Modulprüfungen (FMP) finden während der Prüfungszeit nach Abschluss der Lehrveranstaltungen eines Semesters und studienbegleitende Prüfungen (SMP) finden außerhalb der Prüfungszeit statt. Es können auch Prüfungen als Kombination beider Prüfungsformen durchgeführt werden (KMP).

## Photonik - Matrix - Vollzeit

Modulname	PA	Sem.	CP	V	Ü	L	P	S	Ges.
<b>Importiert P - Pflicht</b>									
Mathematische Methoden (MAM)	FMP	1	5	3	1	0	0	0	4
Messtechnik und Instrumentierung (MTI)	KMP	1	5	2	0	2	0	0	4
Mikrotechnologien (MIT)	KMP	1	7	4	0	2	0	0	6
Struktur der Materie (SDM)	FMP	1	4	4	0	0	0	0	4
Technische Optik 1 (TOP1)	KMP	1	5	3	0	1	0	0	4
Theoretische Grundlagen der Photonik 1 (TGP1)	FMP	1	4	4	0	0	0	0	4
Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (FP1)	SMP	2	5	0	0	0	4	0	4
Lasertechnik (LTE)	KMP	2	5	3	0	1	0	0	4
Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)	KMP	2	7	4	0	2	0	0	6
Technische Optik 2 (TOP2)	FMP	2	8	8	0	0	0	0	8
Angewandte Photonik (AGP)	FMP	3	6	6	0	0	0	0	6
Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (FP2)	SMP	3	5	0	0	0	4	0	4
Lasermaterialbearbeitung (LMB)	KMP	3	6	3	0	2	0	0	5
Management (MGT)	SMP	3	4	4	0	0	0	0	4
Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)	KMP	3	5	3	1	0	0	0	4
Masterarbeit	SMP	4	30	0	0	0	30	0	30

<b>Importiert WP (5.0 CP) - Wahlpflicht</b>									
Wahlpflichtmodul 1 (WP1)	KMP	2	5	3	0	1	0	0	4

<b>Importiert WP (4.0 CP) - Wahlpflicht</b>									
Wahlpflichtmodul 2 (WP2)	SMP	3	4	2	0	2	0	0	4

### Weitere Studienleistungen

<b>Summe der Semesterwochenstunden</b>				56	2	13	38	0	109
<b>Summe der zu erreichende CP aus WPM</b>			9						
<b>Summe der CP aus PM</b>			111						
<b>Summe weitere Studienleistungen</b>			0						
<b>Gesamtsumme CP</b>			120						

V - Vorlesung

Ü - Übung

L - Labor

P - Projekt

PA - Prüfungsart

CP - Credit Points

PM - Pflichtmodule

WPM - Wahlpflichtmodule

SPM - Spezialisierungsmodule

SMP - Studienbegleitende Modulprüfung

KMP - Kombinierte Modulprüfung

FMP - Feste Modulprüfung

## Photonik - Matrix - Teilzeit

Modulname	PA	Sem.	CP	V	Ü	L	P	S	Ges.
<b>Importiert P - Pflicht</b>									
Mathematische Methoden (MAM)	FMP	1	5	3	1	0	0	0	4
Messtechnik und Instrumentierung (MTI)	KMP	1	5	2	0	2	0	0	4
Mikrotechnologien (MIT)	KMP	3	7	4	0	2	0	0	6
Struktur der Materie (SDM)	FMP	1	4	4	0	0	0	0	4
Technische Optik 1 (TOP1)	KMP	3	5	3	0	1	0	0	4
Theoretische Grundlagen der Photonik 1 (TGP1)	FMP	3	4	4	0	0	0	0	4
Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (FP1)	SMP	2	5	0	0	0	4	0	4
Lasertechnik (LTE)	KMP	2	5	3	0	1	0	0	4
Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)	KMP	4	7	4	0	2	0	0	6
Technische Optik 2 (TOP2)	FMP	4	8	8	0	0	0	0	8
Angewandte Photonik (AGP)	FMP	7	6	6	0	0	0	0	6
Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (FP2)	SMP	7	5	0	0	0	4	0	4
Lasermaterialbearbeitung (LMB)	KMP	5	6	3	0	2	0	0	5
Management (MGT)	SMP	7	4	4	0	0	0	0	4
Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)	KMP	5	5	3	1	0	0	0	4
Masterarbeit	SMP	8	30	0	0	0	30	0	30

<b>Importiert WP (5.0 CP) - Wahlpflicht</b>									
Wahlpflichtmodul 1 (WP1)	KMP	2	5	3	0	1	0	0	4

<b>Importiert WP (4.0 CP) - Wahlpflicht</b>									
Wahlpflichtmodul 2 (WP2)	SMP	5	4	2	0	2	0	0	4

<b>Weitere Studienleistungen</b>									
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>Summe der Semesterwochenstunden</b>				56	2	13	38	0	109
<b>Summe der zu erreichende CP aus WPM</b>			9						
<b>Summe der CP aus PM</b>			111						
<b>Summe weitere Studienleistungen</b>			0						
<b>Gesamtsumme CP</b>			120						

V - Vorlesung

Ü - Übung

L - Labor

P - Projekt

PA - Prüfungsart

CP - Credit Points

PM - Pflichtmodule

WPM - Wahlpflichtmodule

SPM - Spezialisierungsmodule

SMP - Studienbegleitende Modulprüfung

KMP - Kombinierte Modulprüfung

FMP - Feste Modulprüfung

## Mathematische Methoden (MAM)

Modulname <b>Mathematische Methoden (MAM)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. Kirsten Harth</b>	
Stand vom <b>2023-08-21</b>	Sprache <b>Deutsch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 1 / 0 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 1 / 0 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundlegende Kenntnisse der Mathematik auf Bachelor-Niveau Kenntnisse der linearen Algebra und Vektorrechnung, Lösen von einfachen gewöhnlichen Differenzialgleichungen erster und zweiter Ordnung.</b>
Besondere Regelungen <b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen: Vektoranalysis (VAN) 1/1/0/0, Partielle Differentialgleichungen (PDG) 2/0/0/0 Lehrort: TH Brandenburg</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>88,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>2,0 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

## Mathematische Methoden (MAM)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden sind vertraut mit der Darstellung von Vektorfunktionen einer reellen Variablen und können Beispiele nennen.
- Sie besitzen ein Grundverständnis von skalaren Feldern und Vektorfeldern und können diese in Zylinder- und Kugelkoordinaten beschreiben.
- Die Studierenden besitzen Kenntnisse über die Klassifikation von partiellen Differenzialgleichungen und ein tieferes Verständnis der mathematischen Grundlagen der Methode der finiten Elemente (FEM).

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden können Kurven- und Oberflächenintegrale berechnen und die Ergebnisse bewerten.
- Die Studierenden können Gradienten skalarer Felder, sowie Divergenz und Rotation von Vektorfeldern ermitteln und mit den Resultaten physikalische Problemstellungen beurteilen.
- Sie sind befähigt, partielle Differenzialgleichungen inklusive der Nutzung der Fourier-Methode selbstständig zu lösen.

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Aufgabenstellungen im Team zu lösen und zu diskutieren.
- Die Studierenden sind befähigt, mathematische Aufgabenstellungen in Vortragssituationen an der Tafel gemeinsam mit anderen zu bearbeiten.

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind in der Lage, die gefundenen Lösungen auf der Grundlage von Fehlerabschätzungen kritisch zu bewerten und Parameterräume einschließlich möglicher Fehlerbereiche für die gefundenen Lösungen eigenständig anzugeben.

### Inhalt

#### 1. Vektoranalysis:

Vektorfunktionen einer reellen Variablen, skalare Felder und Vektorfelder und deren Darstellungen in Zylinder- und Kugelkoordinaten, Gradient eines skalaren Feldes, Kurvenintegrale und Oberflächenintegrale, Divergenz und Rotation eines Vektorfeldes, Integralsätze nach Gauß und Stokes

#### 2. Partielle Differenzialgleichungen:

Klassifikation partieller Differenzialgleichungen 2. Ordnung, hyperbolische Gleichungen - die schwingende Saite, Existenzbeweis mit der Fourier-Methode, Unität mit der Energieintegralmethode, Laplace-Gleichung und Dirichlet-Problem auf dem Kreis, Lösbarkeit der Wärmeleitungsgleichung mittels Fourier-Methode, einige einfache Beispiele zu Navier-Stokes-Gleichungen, Numerik partieller Differenzialgleichungen, mathematische Grundlagen der Methode der finiten Elemente, Anwendung auf die Poisson-Gleichung

## Mathematische Methoden (MAM)

### Pflichtliteratur

- Burg, K & Haf, H. (2009). *Partielle Differentialgleichungen und funktionalanalytische Grundlagen* (4., überarb. und erw. Aufl.). Wiesbaden : Vieweg + Teubner.
- Bronštejn, I, Semendjaev, K, Musiol, G & Mühlig, H. (2016). *Taschenbuch der Mathematik* (10., überarbeitete Auflage). Haan-Gruiten : Verlag Europa-Lehrmittel.
- Scharf, R. (1992). *Vektoranalysis für Ingenieurstudenten*. Harri Deutsch.
- Springer Fachmedien Wiesbaden. (2016). *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler : ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium; Band 3: Vektoranalysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik, Fehler- und Ausgleichsrechnung : mit 550 Abbildungen, zahlreichen Beispielen aus Naturwissenschaft und Technik sowie 295 Übungsaufgaben mit ausführlichen Lösungen* (7., überarbeitete und erweiterte Auflage). Wiesbaden : Springer Vieweg.
- Perdigao do Carmo, M. (1998). *Differentialgeometrie von Kurven und Flächen, 3. Aufl.*. Vieweg Verlagsgesellschaft.
- Kay, D. (1988). *Schaum's outline of theory and problems of tensor calculus*. New York u.a. : McGraw-Hill.

### Literaturempfehlungen

## Messtechnik und Instrumentierung (MTI)

Modulname <b>Messtechnik und Instrumentierung (MTI)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Dr. Andreas Jechow</b>	
Stand vom <b>2023-09-25</b>	Sprache <b>Deutsch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>2 / 0 / 2 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>2 / 0 / 2 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundlegende Kenntnisse in Experimentalphysik, Elektrotechnik und/oder Regelungstechnik auf Bachelor-Niveau. erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Lehrveranstaltung: Vorlesung (Andreas Jechow, Tobias Piotrowski), Labor (Andreas Jechow, Tobias Piotrowski, Norbert Hoppe), Lehrort: TH Brandenburg</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>89,5 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>0,5 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

## Messtechnik und Instrumentierung (MTI)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden kennen und verstehen den Aufbau und die Funktionsweise moderner rechnergestützter Messsysteme und die zugehörigen Teilsysteme.
- Sie kennen und verstehen die Messunsicherheiten von Messergebnissen.
- Die Studierenden besitzen praxisorientierte Kenntnisse über analoge elektrische / elektronische Messsignalverarbeitung.
- Sie kennen und verstehen die besonderen Eigenschaften und Grenzen digitalisierender Messgeräte bzw. -verfahren
- Die Studierenden besitzen praxisbezogene Kenntnisse über rechnergesteuerte Messtechnik im F&E-Bereich.
- Sie kennen und verstehen die wichtigsten Rausch- und Störquellen in Messsystemen.
- Die Studierenden kennen und verstehen die Maßnahmen zur Verbesserung des Signal-Rausch-Abstands in Messsystemen.

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden können Messreihen numerisch auswerten und die Ergebnisse visualisieren
- Sie können weniger komplexe rechnergestützte Messsysteme entwerfen, aufbauen und in Betrieb nehmen und mit LabVIEW programmieren.
- Die Studierenden können Herstellerangaben zu Messgeräten und Sensoren bewerten und gezielt geeignete Systeme auswählen.
- Die Studierenden sind in der Lage, Rausch- und Störsignale in Messsystemen zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zu ihrer Minimierung durchzuführen.
- Die Studierenden können stark verrauschte Signale mittels geeigneter Techniken (Lock-In, Trägerfrequenzverstärker) erfolgreich messen.
- Die Studierenden können mögliche Lösungsansätze für komplexere Messaufgaben vergleichen und bewerten.

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen im Team zu diskutieren und zu lösen
- Sie sind in der Lage, in international besetzten Forschungsteams zu arbeiten.

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind in der Lage, die zur Konzeption eines Messsystems notwendigen Informationen eigenverantwortlich zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, etc.)
- Die Studierenden sind in der Lage, neuartige Aufgabenstellungen systematisch zu analysieren und geeignete Lösungsansätze zu erarbeiten

## Messtechnik und Instrumentierung (MTI)

### Inhalt

1. Vorlesung:
  - Messunsicherheiten und Vertrauenswahrscheinlichkeit, korrekte Interpretation von Gerätedaten, Bestimmung von Messunsicherheiten nach GUM, Fortpflanzung von Messunsicherheiten, systematische Messfehler und Auswertung von Messreihen
  - analoge Standardsignale, Messumformer, Abgrenzung zu Feldbus-gestützten Messsystemen
  - Systembeschreibung von Messsignalen im Zeit- und Frequenzraum, Fourieranalyse und -synthese, Impuls-, Sprung- und Sinusantwort
  - Analog-Digital-Wandlung, Abtasttheorem, Aliasing-Effekt
  - Eigenschaften und Anwendung von Messverstärkern
  - Signale auf Leitungen, Eigenschaften von Übertragungsleitungen (Leitungstheorie)
  - Einführung in die PC-gestützte Messtechnik, Schnittstellen, Software
  - Signalstörungen und ihre Ursachen, Methoden zur Vermeidung oder Verminderung von Signalstörungen
  - Rauschen in Messsystemen, Ursachen, quantitative Erfassung und Beschreibung, Abgrenzung zu Signalstörungen
  - Methoden zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses
2. Laborpraktikum: Es wird eine komplexere Messaufgabe zur PC-gestützten Messdatenerfassung mit mehreren Messinstrumenten (2 bis 3) als Projekt in kleinen Arbeitsgruppen (2 bis 3 Studierende) weitgehend selbstständig bearbeitet. Die Projektergebnisse und der Projektverlauf sind in einem Projektbericht zu dokumentieren. Messdatenerfassung erfolgt mit LabVIEW oder Python (z.B. PyVISA).

### Pflichtliteratur

- Hoffmann, J. (2015). *Taschenbuch der Messtechnik*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co.
- Heyne, G. (1999). *Elektronische Meßtechnik: Eine Einführung für angehende Wissenschaftler: Eine Einführung für angehende Wissenschaftler*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Tränkler, H.R. & Fischerauer, G. (2014). *Das Ingenieurwissen, Messtechnik*. Springer
- Skript: Marti, O & Pletti, A. (2017). *Vorlesungsskript Physikalische Elektronik und Messtechnik Bachelor*
- Physik (CC BY-SA 3.0 [https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website\\_uni\\_ulm/nawi.inst.100/PDF-Dateien/phys\\_elektr.pdf](https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.100/PDF-Dateien/phys_elektr.pdf))

### Literaturempfehlungen

## Mikrotechnologien (MIT)

Modulname <b>Mikrotechnologien (MIT)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. rer. nat. Carolin Schmitz-Antoniak</b>	
Stand vom <b>2023-08-21</b>	Sprache <b>Deutsch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>7</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>6</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 2 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>6</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 2 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundlegende Kenntnisse in der Experimentalphysik auf Bachelor-Niveau Erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen: Oberflächentechnik (OFT) 2/0/0/0, Mikrotechnologien (MIT) 2/0/2/0</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>90,0 Std.</b>	Selbststudium <b>117,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>3,0 Std.</b>	Summe <b>210 Std.</b>

## Mikrotechnologien (MIT)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden kennen von Funktion und Anwendung verschiedener Mikrostrukturen, deren Kenngrößen und Limitierungen.
- Die Studierenden können die Vor- und Nachteile verschiedener mikrotechnologischer Verfahren und deren Anwendungsfelder erklären.
- Die Studierenden haben die nötigen Kenntnisse über physikalisch-technische Grundlagen, um passende Analysemethoden für verschiedene Fragestellungen auszuwählen und die Ergebnisse zu interpretieren.

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden sind in der Lage, praxisrelevante Aufgabenstellungen im Team zu diskutieren, zu lösen und hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zu bewerten.
- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur selbständigen Anwendung ihres Basiswissens in diesen Lehrgebieten, insbesondere bei der Anwendung dünner Filme in der Optik, der Materialstrukturierung, der Mikrobearbeitung und der Integration von Mikrosystemen im Bereich der Photonik und der optischen Technologien.
- Die Studierenden sind in der Lage, neuartige Aufgabenstellungen systematisch zu analysieren, zu bewerten und geeignete Lösungsansätze zu vorschlagen.

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Aussagen im Team zu bewerten und kollegial zu diskutieren
- Die Studierenden sind in der Lage, Technologien und Funktionen ökonomisch und umweltbewusst zu bewerten

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden erwerben die Kompetenz, selbständig geeignete Materialien bzw. Materialkombinationen sowie adäquate Verarbeitungsverfahren auszuwählen, zu testen und in Prozesse zu implementieren.
- Die Studierenden sind in der Lage, selbständig Lösungsansätze im Internet zu recherchieren und zu bewerten.

## Mikrotechnologien (MIT)

### Inhalt

1. Oberflächentechnik
  - 1.1 Herstellung von dünnen Schichten, Mikro- und Nanosystemen: Top-down- und Bottom-up-Methoden inkl. verschiedene Abscheidetechniken (PVD, CVD, VLS), Lithografie, Ätzen, nass-chemische Synthese; Wachstumsmodelle
  - 1.2 Moderne Methoden der Oberflächenanalytik: Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED), Augerelektronen-Spektroskopie (AES), Photoelektronenspektroskopie (UPS, XPS, ARPES), Röntgenabsorptions-Spektroskopie (XAS, XMCD, XLD), Elektronenmikroskopie (TEM, SEM), Rasterkraft- und Magnetkraftmikroskopie (AFM, MFM), Rastertunnelmikroskopie (STM)
2. Mikrotechnologien
  - 2.1 Werkstoffe in der Mikrosystemtechnik: Herstellung und Eigenschaften von Silizium-Wafern, Verbindungshalbleitern und amorphen Materialien
  - 2.2 Fertigungstechnik: Reinraumtechnik, Waferbearbeitung, Chipmontage, Drahtbonden, Lötten
3. Anwendungsbeispiele aus Mikro- und Nanoelektronik, Sensorik, Medizintechnik, Photonik
4. Praktikum

### Pflichtliteratur

### Literaturempfehlungen

- Globisch, S. (2011). *Lehrbuch Mikrotechnologie : für Ausbildung, Studium und Weiterbildung*. München : Hanser.
- Mertz, K. (2001). *Praxishandbuch moderne Beschichtungen : Advanced surface coatings*. München [u.a.] : Hanser.

## Struktur der Materie (SDM)

Modulname <b>Struktur der Materie (SDM)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Dr. Andreas Jechow</b>	
Stand vom <b>2023-09-25</b>	Sprache <b>Deutsch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>4</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 0 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 0 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundlegende Kenntnisse in Experimentalphysik, Werkstoffkunde o.ä. und Optik auf Bachelor-Niveau.</b>
Besondere Regelungen <b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen: Festkörperphysik (FKP) 2/0/0/0 (Dr. Andreas Jechow), Atom- und Kernphysik (AKP) 2/0/0/0 (Prof. Dr. T. Kern), Lehrort: TH Brandenburg</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>59,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>1,0 Std.</b>	Summe <b>120 Std.</b>

## Struktur der Materie (SDM)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden verfügen über Kenntnisse zum Aufbau der Materie unter Berücksichtigung neuester Ergebnisse der Materialforschung als Grundlage für innovative Denkansätze in Forschung, Entwicklung und Produktion im Bereich Photonik.
- Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Festkörperphysik.
- Sie erwerben tiefgreifende Kenntnisse über Besonderheiten der Mikrophysik, Unterschiede zur klassischen Physik, Methoden und Verfahren der Quantenphysik, Methoden und Ergebnisse der Kernphysik.
- Die Studierenden besitzen das notwendige theoretische Rüstzeug für die weitergehende Behandlung elektrischer und optischer Eigenschaften kondensierter Materie im Studienverlauf.
- Sie erwerben spezialisiertes Wissen über Zusammenhänge zwischen mikroskopischen (atomaren/molekularen) Eigenschaften, makroskopischen und optischen Eigenschaften kondensierter Materie.
- Die Studierenden verfügen über Kenntnisse zur Struktur und zum Aufbau der Atome, Moleküle und Festkörper, zu atomaren und molekularen Bindungen, Atom- und Molekülspektren, sowie zu den elektronischen, dielektrischen und optischen Eigenschaften von Festkörpern, insbesondere von Halbleitern und Halbleiterbauelementen.

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, grundlegende Erkenntnisse der Atomphysik, Quantenphysik und Festkörperphysik für Anwendungen in der Photonik zu nutzen.
- Sie können Methoden der Mikrophysik auf Problemstellungen der Optik und Photonik anwenden.
- Die Studierenden sind befähigt, selbständig innovative Lösungsansätze im Bereich der Physik zum Einsatz von Materialien zur Erzielung spezieller physikalischer und optischer Eigenschaften zu entwickeln.

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind befähigt, in Forschungs- und Entwicklungsgruppen in der Materialentwicklung mitzuarbeiten

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden haben die Kompetenz strategische Entscheidungen von Forschungs-/Entwicklungskonzepten zu beurteilen und die Leitung komplexer, neuartiger materialspezifischer Entwicklungsaufgaben zu übernehmen sowie sich eigenständig Wissen zu erschließen.

## Struktur der Materie (SDM)

### Inhalt

#### 1. Festkörperphysik:

Wiederholung Grundlagen Festkörper: Gitter, reziprokes Gitter, Elementarzelle; Elektronen im Festkörper: klassische Theorie freier Elektronen im Metall, Quantentheorie freier Elektronen im Festkörper (Fermiverteilung und Ferminiveau, Zustandsdichte), Quantentheorie gebundener und näherungsweise freier Elektronen im Festkörper (Bändermodell, effektive Masse, Bewegung des Elektrons im periodischen Potential, Elektronenwechselwirkung im Festkörper), Hall-Effekt; Halbleiter: Halbleitende Festkörper, Elektronen und Löcher, Eigenhalbleiter (temperaturabhängige Eigenleitungskonzentration), Ladungsträgerstatistik in Halbleitern mit Akzeptoren und Donatoren, Kontaktphänomene (Metall-Metall Kontakt, Metall-Halbleiter Kontakt, Raumladungen, Schottky Kontakt, Seebeck- und Peltier-Effekt), Halbleiteroberflächen, pn-Übergang, optische Bauelemente, dielektrische und optische Eigenschaften von Festkörpern (Polarisation, Oszillatormodelle, Dispersion); Ausblick Nanophotonik

#### 2. Atom und Kernphysik:

Phänomene der Mikrophysik, Unterschiede zur klassischen Vorstellung, Quanteneffekte und Grundlagen der Quantenmechanik, Lösen der Schrödinger-Gleichung für einfache Systeme (Potentialkasten, harmonischer Oszillator, H-Atom), Struktur der Mehrelektronensysteme, atomare Bindung und Molekülspektren, Kernphysik, Kernenergie, Zerfallstypen

### Pflichtliteratur

#### Literaturempfehlungen

- Alonso, M & Finn, E. (1998). *Quantenphysik und statistische Physik : mit 47 Tabellen und vielen Beispielen* (3., durchges. Aufl.). München [u.a.] : Oldenbourg.
- Christman, J. (1995). *Festkörperphysik : die Grundlagen ; mit 20 Tabellen, 242 Aufgaben und 75 Beispielen samt Lösungen* (2. Aufl., Nachdr. der 1. Aufl.). München u.a. : Oldenbourg.
- Kittel, C & Hunklinger, S. (2006). *Einführung in die Festkörperphysik* (14., überarb. und erw. Aufl.). München [u.a.] : Oldenbourg.
- Guinier, A & Jullien, R. (1992). *Die physikalischen Eigenschaften von Festkörpern : eine leichtverständliche Einführung in die Festkörperphysik*. München [u.a.] : Hanser.
- Beiser, A. (2003). *Concepts of modern physics*. New York [u.a.]: McGraw-Hill.
- Rudden, M & Wilson, J. (1995). *Elementare Festkörperphysik und Halbleiterelektronik*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Feynman, R, Leighton, R & Sands, M. (2007). *Feynman Vorlesungen über Physik 3: Quantenmechanik, Definitive Edition, 5. verbesserte Auflage*. Oldenbourg.
- Herzog, P & Kopitzki, K. (2007). *Einführung in die Festkörperphysik*. Vieweg+Teubner.

## Technische Optik 1 (TOP1)

Modulname <b>Technische Optik 1 (TOP1)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. rer. nat. Martin Regehly</b>	
Stand vom <b>2023-08-21</b>	Sprache <b>Deutsch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 1 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 1 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse der Optik auf Bachelor-Niveau Analytische Geometrie, Lösen einfacher Differentialgleichungen, Grundkenntnisse der Physik auf Bachelorniveau</b>
Besondere Regelungen <b>Lehrveranstaltung: Vorlesung: 3/0/0/0 (Prof. Dr. M. Regehly) Labor: 0/0/1/0 (Dr. M. Hofmann)</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>87,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>3,0 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

## Technische Optik 1 (TOP1)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse der Technischen Optik und Photonik.
- Sie sind mit den Methoden der geometrischen Optik vertraut und verfügen über umfassende Kenntnisse über die Strahlausbreitung in optischen Systemen.
- Sie sind mit der Beschreibung optischer Phänomene mit Hilfe der Wellenoptik vertraut.
- Sie kennen die mathematischen Methoden zur Beschreibung elektromagnetischer Wellen und können diese zur Lösung optischer Fragestellungen anwenden.

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden besitzen die notwendigen Fertigkeiten in der Verwendung von Methoden und Modellen der technischen Optik sowie deren Anwendung auf komplexe Systeme der technischen Optik
- Sie verfügen über die Kompetenz, neuartige ingenieurtechnische Fragestellungen mit Mitteln und Methoden der technischen Optik selbstständig zu lösen und die Methoden und Komponenten weiterzuentwickeln.
- Sie besitzen Fähigkeiten zum Entwurf und der Realisierung von komplexen optischen Systemen für unterschiedliche Anwendungsbereiche in Wissenschaft und Technik

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, konstruktiv und effizient mit anderen im Labor zusammenzuarbeiten und Aufgabenstellungen im Team zu diskutieren und zu lösen.

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind in der Lage, die zum Aufbau optischer Messsysteme notwendigen Informationen gezielt zu beschaffen und auszuwerten (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, etc.)
- Sie sind in der Lage, neuartige Aufgabenstellungen systematisch zu analysieren und geeignete Lösungsansätze zu erarbeiten.

## Technische Optik 1 (TOP1)

### Inhalt

#### 1. Vorlesungsteil:

Theoretische Grundlagen der Wellenoptik: Wellengleichung, Fouriertheorie, Interferenz, Kohärenz, Schwebung, Beugung, Huygens'sches Elementarwellenprinzip, Kirchhoff'sches Beugungsintegral;

Elektromagnetismus des Lichtes: Polarisation, Energiedichte, Pointing-Vektor, Hertz'scher Dipol, elektromagnetische Wellen, Ableitung der Fresnel-Gleichungen;

Geometrische Optik: Brechungsindex und Dispersion, Spiegel, Prismen, Linsen, Abbildungsgleichungen nach Gauß und Newton, Abbildungsfehler und ihre Korrektur, Fermat'sches Prinzip, Eikonalgleichung, Auflösungsvermögen;

Spektrale Zerlegung des Lichts: Spektral auflösende Elemente, Fabry-Perot-Interferometer, Schichten und Schichtsysteme;

Polarisiertes Licht: Linear und elliptisch polarisiertes Licht, Polarisationsfilter, Optische Aktivität;

Lichttechnik: Lichtquellen, Lichtmessung, Strahlungseinheiten (Radiometrie und Photometrie)

#### 2. Laborpraktikum:

es können ausgewählte Versuche zu folgenden Themen durchgeführt werden:

- Öffnungs- und Farbfehler einer Linse
- Linsensysteme aus 2 Linsen positiver bzw. negativer Brennweite
- Depolarisation eines Laserstrahls in einer Glasfaser
- Aufbau eines Projektionsmikroskops
- Fabry-Perot Resonator
- Laser- bzw. spektroskopische Ellipsometrie
- Foucaultsche Schneide
- Holographie
- ...

### Pflichtliteratur

- Schrader, S. (2016). *Skript „Technische Optik“*. TH Wildau.

### Literaturempfehlungen

- Haferkorn, H. (2002). *Optik: Physikalisch-technische Grundlagen und Anwendungen*. Wiley-VCH.
- Bergmann, L & Schaefer, C. (2010). *Lehrbuch der Experimentalphysik: Optik*. De Gruyter.
- Born, M. (2013). *Optik: Ein Lehrbuch der Elektromagnetischen Lichttheorie*. Springer.
- Saleh, B & Teich, M. (2008). *Grundlagen der Photonik* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Weinheim : WILEY-VCH.
- Hariharan, P. (2002). *Basics of holography* (1. publ.). Cambridge : Cambridge Univ. Press.
- (2002). *Elements of photonics; 2.: For fiber and integrated optics*. New York [u.a.] : Wiley.
- Sommerfeld, A. (2006). *Lectures on Theoretical Physics: Optics*. Sarat Book House.

## Theoretische Grundlagen der Photonik 1 (TGP1)

Modulname <b>Theoretische Grundlagen der Photonik 1 (TGP1)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. rer. nat. Martin Regehly</b>	
Stand vom <b>2023-08-21</b>	Sprache <b>Deutsch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>4</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>1</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 0 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 0 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse der Mathematik und Physik auf Bachelor-Niveau</b>
Besondere Regelungen <b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen: Klassische Mechanik (KME) 2/0/0/0 (Prof. Dr. M. Regehly), Elektrodynamik (EDY) 2/0/0/0 (Dr. P. Steglich)</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>57,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>3,0 Std.</b>	Summe <b>120 Std.</b>

## Theoretische Grundlagen der Photonik 1 (TGP1)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden besitzen fundierte Kenntnisse der klassischen Mechanik und Elektrodynamik und deren Anwendung.
- Sie sind mit der klassischen Mechanik in den Formulierungen nach Newton, Lagrange und Hamilton vertraut.
- Die Studierenden können die Entwicklung der theoretischen Elektrodynamik von den Anfängen bis zu den Maxwell-Gleichungen nachvollziehen.
- Sie sind in der Lage, die aus der Elektrotechnik bekannten Gesetzmäßigkeiten in den Kontext der theoretischen Physik einzuordnen.

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden besitzen die Fertigkeit zur Berechnung/Modellierung von Problemstellungen der Mechanik und Elektrodynamik.
- Sie können Methoden der Mechanik/Elektrodynamik auf Problemstellungen der Optik und Photonik anwenden.
- Insbesondere sind sie in der Lage, die Kenntnisse für neuartige, komplexe, anwendungs- und grundlagenorientierte Problemstellungen zielführend einzusetzen sowie Stärken, Schwächen und Grenzen der verschiedenen Formalismen theoretisch und praktisch zu berücksichtigen.
- Die Studierenden besitzen die Kompetenz, theoretische und praktische Problemstellungen detailliert zu analysieren, geeignete Methoden und Techniken der theoretischen Physik zu deren Beschreibung auszuwählen und ggf. sachbezogen weiterzuentwickeln.

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden können mathematisch-physikalische Aufgabenstellungen in Vortragssituationen gemeinsam oder im Kontext von Forschungsprojekten mit anderen bearbeiten.

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind befähigt, komplexe Aufgabenstellungen aus den Gebieten der klassischen Physik zu abstrahieren und selbständig geeignete Lösungsansätze zu entwickeln.

## Theoretische Grundlagen der Photonik 1 (TGP1)

### Inhalt

#### 1. Newton-Mechanik:

Erhaltungsgrößen, Bewegung im Zentralpotential, Kepler-Problem, Der starre Körper; Lagrange-Mechanik: Zwangsbedingungen, verallgemeinerte Koordinaten, Zwangskräfte, d'Alembert'sches Prinzip, Euler-Lagrange-Gleichung; Hamilton-Mechanik: Legendre-Transformation, Übergang zur Hamiltonfunktion, kanonische Transformationen, Poisson-Klammer, Vielteilchenprobleme, Verbindung zu Statistik und Thermodynamik sowie zur Quantenmechanik

#### 2. Elektrodynamik:

Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Feld, Potenzial, Feldenergie, Felder einfacher Ladungsverteilungen: Dipol, Multipolentwicklung, Kondensator, Poisson-Gleichung, Randwertprobleme, Dielektrika: Dielektrizitätskonstante, Suszeptibilität, Polarisierbarkeit, Spiegelladungen, Elektrischer Strom: Kontinuitätsgleichung, Ohmsches Gesetz, Joulesches Gesetz; Magnetostatik: Oerstedt'sches Gesetz, Biot-Savart-Gesetz, Magnetisches Feld, Vektorpotenzial, Elektromagnetische Induktion, Lorentz-Kraft, Einteilung magnetischer Stoffe; Maxwell-Theorie: Maxwell-Gleichungen der Elektrodynamik, elektromagnetische Wellen: Ausbreitung, Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz

### Pflichtliteratur

- Schrader, S. (2016). *Skript Theoretische Physik „Elektrodynamik“*. TH Wildau.
- Schrader, S. (2016). *Skript Theoretische Physik „Klassische Mechanik“*. TH Wildau.

### Literaturempfehlungen

- Greiner, W. (2007). *Klassische Mechanik I: Kinematik und Dynamik der Punktteilchen - Relativitätstheorie*. Europa-Lehrmittel.
- Nolting, W. (2013). *Grundkurs theoretische Physik; 1: Klassische Mechanik* (10., aktualisierte Aufl.). Berlin [u.a.] : Springer.
- Fließbach, T. (2009). *Mechanik* (6. Aufl.). Heidelberg [u.a.] : Spektrum Akad. Verl.
- Goldstein, H, Poole, C & Safko, J. (2006). *Klassische Mechanik* (3., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Weinheim : WILEY-VCH.
- Newton, I. (1988). *Über die Gravitation : Texte zu den philosophischen Grundlagen der klassischen Mechanik*. Frankfurt a.M. : Klostermann.
- David Jackson, J. (2014). *Klassische Elektrodynamik*. De Gruyter.
- Greiner, W. (2008). *Klassische Elektrodynamik*. Europa-Lehrmittel.
- Philippow, E. (2010). *Grundlagen der Elektrotechnik, 10. Aufl.*. Verlag Technik.
- Schmelzer, J. & Ulbricht, H. & Mahnke, R. (1994). *Aufgabensammlung zur klassischen theoretischen Physik*. Wiesbaden: Aula-Verl..
- Steinle, F. (2005). *Explorative Experimente: Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik*. Franz Steiner Verlag.
- Dransfeld, K & Kienle, P. (2008). *Physik; 2.: Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie* (7., aktualisierte Aufl.). München [u.a.] : Oldenbourg.

## Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (FP1)

Modulname <b>Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (FP1)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Hofmann, Mandy</b>	
Stand vom <b>2020-09-30</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>0 / 0 / 0 / 4 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>0 / 0 / 0 / 4 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse Optik/Physik, Chemie, Materialtechnik, Messtechnik auf Bachelorniveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Das F&amp;E-Projekt kann an der eigenen Hochschule, an anderen Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen oder in der Industrie durchgeführt werden. Im Falle unterschiedlicher Aufgabenstellungen für FP1 und FP2 errechnet sich die Gesamtnote des Moduls als gewichtetes Mittel der Einzelnoten mit dem Gewicht 2/5 für FP1 und 3/5 für FP2. Bei unveränderter Aufgabenstellung wird eine Gesamtnote nach Abschluss von FP2 festgelegt.</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>0,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>90,0 Std.</b>	Prüfung <b>0,0 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

## Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (FP1)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse und Fertigkeiten über ein begrenztes Teilgebiet der Photonik und der Optischen Technologien durch weitgehend selbstständige Bearbeitung einer Projektaufgabe mit begrenztem Zeitbudget
- Sie erlangen die Fähigkeit, eigenständig wissenschaftlich zu arbeiten, Fachliteratur passend zu ihrem F&E-Projekt zu finden, kritisch zu bewerten und für Ihre Zwecke einzusetzen

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden sind in der Lage, ingenieurwissenschaftliche Texte und Dokumentationen zu erstellen und Projektergebnisse adäquat zu präsentieren.
- Sie besitzen die Fertigkeiten, praktische Grundlagen des Projektmanagements anzuwenden und eine adäquate Präsentation und Dokumentation von Projekten zu erstellen
- Sie erwerben die Fähigkeit und Fertigkeit einen Ablaufplan für ein F&E-Projekt, einschließlich Meilensteinen und Entscheidungspunkten zu erstellen und diesen in einem geeigneten Kontext umzusetzen.
- Sie erwerben die Fertigkeit, F&E-Projekte unter Einsatz gängiger Medien zu präsentieren.
- Die Studierenden sind in der Lage, die Ergebnisse eigener Arbeit als wissenschaftliche Veröffentlichung und in kurzen, zusammenfassenden Zwischenberichten zu präsentieren
- Sie sind in der Lage über ihre Arbeit im Rahmen von wissenschaftlichen Vorträgen und Kolloquien vor Fachpublikum zu berichten

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Lösungen optischer / photonischer Problemstellungen eigenständig oder im Team zu erarbeiten
- Sie sind befähigt in einem Team zu arbeiten und erweitern somit ihre Managementkompetenz

#### Selbstständigkeit

- Die Studierenden sind kompetent in der selbstständigen Erarbeitung von Lösungen ingenieurwissenschaftlicher und technischer Problemstellungen in der Grundlagen- und angewandten Forschung im Bereich der Photonik und der optischen Technologien
- Sie erlangen die Fähigkeit, eigenständig wissenschaftlich zu arbeiten, Fachliteratur passend zu ihrem F&E-Projekt zu finden, kritisch zu bewerten und für Ihre Zwecke einzusetzen.
- Die Studierenden erwerben Kompetenz in der selbstständigen Erarbeitung von Lösungen ingenieurtechnischer Problemstellungen in der Grundlagen- und angewandten Forschung im Bereich der Photonik und der optischen Technologien sowie im Projektmanagement.
- Sie erlangen durch die Bearbeitung einer spezifischen physikalischen Fragestellung sowie die Präsentation und Verteidigung der Ergebnisse Kompetenz zum Wissenschafts- und Zeitmanagement
- Die Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung und Lösung des Themas der Projektaufgabe notwendigen Informationen im Wesentlichen selbstständig und gezielt zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, Patentschriften, etc.)

## Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (FP1)

### Inhalt

1. Eine F&E-Aufgabe im Bereich Photonik (linearer, nichtlinearer Optik/Elektrooptik, optische Technologien) wird selbstständig bearbeitet. Die Aufgabe umfasst die Konzepterstellung und praktische Realisierung. Das F&E-Projekt kann an der eigenen Hochschule, an anderen Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen oder in der Industrie durchgeführt werden. Das F&E-Projekt erstreckt sich über das Fachsemester;  
Am Ende des 2. Fachsemesters sind ein Bericht und eine Abschlusspräsentation anzufertigen. Diese werden als Teil der studienbegleitenden Prüfung bewertet.
2. Der zweite Abschnitt FP2 kann die Fortsetzung der Arbeiten des F&E-Projekts FP1 aus dem 2. Fachsemester beinhalten. Das F&E-Projekt FP2 wird im 3. Semester der Regelstudienzeit absolviert und mit einer schriftlichen Arbeit sowie einer Abschlussverteidigung (Vortrag) abgeschlossen. Schriftliche Arbeit und Vortrag werden bewertet.

### Pflichtliteratur

- Saleh, B & Teich, M. (2008). *Grundlagen der Photonik* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Weinheim : WILEY-VCH.
- Menzel, R. (2001). *Photonics : linear and nonlinear interactions of laser light and matter*. Berlin [u.a.] : Springer.

### Literaturempfehlungen

## Lasertechnik (LTE)

Modulname <b>Lasertechnik (LTE)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. Justus Eichstädt</b>	
Stand vom <b>2023-09-13</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 1 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 1 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse der Physik/Optik auf Bachelor-Niveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Lehrveranstaltung: Vorlesung (Prof. Dr. Justus Eichstädt), Labor (Prof. Dr. Justus Eichstädt, Detlef Karstädt), Lehrort: TH Brandenburg</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>88,5 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>1,5 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

## Lasertechnik (LTE)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden können die wichtigsten Gefährdungen, Normen und Schutzmaßnahmen zum Thema Lasersicherheit aufzählen
- Sie können bedeutendsten Anwendungen der Lasertechnik darlegen
- Die Studierenden können sowohl das Grundprinzip und den grundlegenden Aufbau eines Lasers erklären, als auch unterschiedliche Lasersysteme in Ihrem Aufbau und Ihrer Funktion vergleichen
- Sie können die grundlegenden Begriffe und Berechnungen der Lasertechnik anwenden
- Die Studierenden können Lasersysteme für entsprechende Anwendungen anhand Ihrer Eigenschaften und Parameter auswählen

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden können die Zusammenhänge zwischen den Fachgebieten Optik, Lasertechnik und Lasermaterialbearbeitung erkennen und entsprechend strukturieren
- Sie können die Eigenschaften eines Lasergerätes analysieren und beurteilen
- Die Studierenden können die Sicherheit eines Lasergerätes nach den entsprechenden Kriterien und Normen prüfen und kritisch bewerten
- Sie sind in der Lage das Gelernte zu einem Gesamtüberblick über das Thema Lasertechnik zusammenzuführen
- Die Studierenden können Entwicklungsprojekte in Laserlaboren planen und durchführen

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen im Team zu diskutieren und zu lösen

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind in der Lage, die zur Inbetriebnahme eines Lasersystems notwendigen Informationen gezielt zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, etc.)
- Sie sind in der Lage, neuartige Aufgabenstellungen systematisch zu analysieren und selbständig geeignete Lösungsansätze zu erarbeiten

## Lasertechnik (LTE)

### Inhalt

#### 1. Vorlesungsteil:

Grundlegende Eigenschaften von Licht: Licht als Teilchen, Licht als Welle, Polarisation, Beugung, Interferenz, Kohärenz; Licht Materie Wechselwirkung: Absorption und Emission, optische Verstärkung, Linienform, Linienbreite, Linienverbreiterung (homogen, inhomogen); Grundlegender Aufbau eines Lasers: Historie, Aufbau, Moden, Gaußstrahl, Eigenschaften, Parameter; Optische Bauelemente der Lasertechnik: Spiegel, Schalter, Modulatoren; Pulsbetrieb: Relaxationsoszillationen, Gain-switching, Q-switching, Cavity Dumping, Modenkopplung, Pulskompression, Chirped Pulse Amplification; Frequenzmodifikation: Selektion, Umsetzung, Abstimmung; Realisierung ausgewählter Lasertypen: Festkörperlaser, Halbleiterlaser, Gaslaser, Farbstofflaser; Charakterisierung von Laserstrahlung: Leistung, Strahlprofil, Pulsdauer; Anwendungen der Lasertechnik: Messtechnik, Fertigungstechnik, Medizintechnik, Gebrauchsgüter; Lasersicherheit: Gefährdung, Normen, Laserklassen, Schutzmaßnahmen

#### 2. Labor:

Aufbau industrieller Lasersysteme; Charakterisierung von Laserstrahlung; Einrichtung und Inbetriebnahme von Lasern

### Pflichtliteratur

#### Literaturempfehlungen

- Eichler, H & Eichler, J. (2015). *Laser : Bauformen, Strahlführung, Anwendungen* (8., aktualisierte u. überarb. Aufl. 2015). Berlin : Springer.
- Menzel, R. (2007). *Photonics : Linear and Nonlinear Interactions of Laser Light and Matter*. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG.
- Kneubühl, F & Sigrist, M. (1999). *Laser : mit zahlreichen .. Tabellen* (5., überarb. und erg. Aufl.). Stuttgart [u.a.] : Teubner.

## Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)

Modulname <b>Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. Justus Eichstädt</b>	
Stand vom <b>2023-08-21</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>7</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>6</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 2 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>4</b>	SWS <b>6</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 2 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse in Physik, Chemie, Materialtechnik, Messtechnik auf Bachelorniveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen: Optische Messtechnik (OMT) 2/0/2/0 (Prof.Dr. J. Eichstädt), Bildgebende Verfahren (BGV) 2/0/0/0 (Prof. Dr. J. Eichstädt), Lehrort: TH Brandenburg</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>90,0 Std.</b>	Selbststudium <b>119,5 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>0,5 Std.</b>	Summe <b>210 Std.</b>

Lernziele Kenntnisse/Wissen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Studierenden kennen und verstehen die Grundlagen optischer Messverfahren und die wichtigsten Anwendungsbereiche optischer Messverfahren.</li> <li>– Sie kennen und verstehen die wichtigsten optischen Messmethoden für geometrische Größen (Weg, Abstand, Winkel)</li> <li>– Die Studierenden erwerben anwendungsorientierte Kenntnisse über Methoden zur optischen 3D-Objekterfassung.</li> <li>– Sie kennen und verstehen die wichtigsten interferometrischen Messmethoden und deren gerätetechnischen Aufbau.</li> <li>– Die Studierenden kennen und verstehend die wichtigsten Speckle-basierten Messtechniken.</li> </ul>

## Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)

- Sie kennen und verstehen die Limitierung der Auflösung von optischen Systemen und Verfahren zur Unterschreitung des Beugungslimits.
- Die Studierenden erwerben das Wissen über den Aufbau und die Funktionsweise moderner Digitalkameras sowie verschiedener Spezialkameras.
- Sie kennen und verstehen die Funktionsweise der wichtigsten Kernspinresonanz und Computertomographie-Verfahren.
- Die Studierenden kennen und verstehen bildgebende Verfahren auf der Basis von Ultraschall.
- Sie kennen und verstehen die wichtigsten Verfahren zur optischen Schwingungs- und Geschwindigkeitsmessung.

### Fertigkeiten

- Die Studierenden können weniger komplexe optische Messsysteme aufbauen und justieren.
- Sie können optische Messverfahren für spezifische Messaufgaben identifizieren und spezifizieren.
- Die Studierenden kennen und verstehen die wichtigsten Messmethoden auf der Basis optischer Abbildung und können diese anwenden.
- Sie können bildgebende Verfahren für spezifische Aufgabenstellungen analysieren sowie geeignete Verfahren identifizieren und spezifizieren.
- Die Studierenden erwerben praktische Fähigkeiten beim Aufbau und der Anwendung von bildgebenden Messverfahren.

### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen im Team gemeinsam zu diskutieren und geeignete Lösungsansätze zu finden.
- Sie erwerben grundlegende Managementkompetenzen durch die Bearbeitung der Laborpraktika in kleineren Gruppen und die damit verbundene Teilung von Aufgaben und notwendigen Abstimmungen.
- Die Studierenden können in international besetzten F&E-Teams erfolgreich mitarbeiten.

### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind selbständig in der Lage, die für die Lösung von optischen Messaufgaben notwendigen Informationen gezielt zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, etc.)
- Sie sind in der Lage, neuartige Aufgabenstellungen systematisch zu analysieren und geeignete Lösungsansätze zu erarbeiten
- Die Studierenden sind in der Lage, eigene Messaufbauten und deren Messergebnisse kritisch zu hinterfragen und zu bewerten.

### Inhalt

#### 1. Optische Messtechnik:

Einführung in die theoretischen und gerätetechnischen Grundlagen der optischen Messtechnik; Übersicht über optische Methoden zur Erfassung, Messung, Übertragung und Speicherung von Messwerten verschiedener physikalischer Größen mittels optischer Methoden: Optische Scanverfahren, interferometrische Verfahren, abbildende Objekterfassung, zwei-/dreidimensionale Photogrammetrie, aktive Triangulation, Lichtschnittverfahren, Linienprojektion, u.a.; Interferometrie,

## Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)

Grundlagen, Abstandsmessungen, Polarisationsinterferometer, Doppelfrequenzinterferometer; die Wellenlänge als Längenmaßstab, Messbereich und Messgenauigkeit, Winkelmessung; Weißlichtinterferometrie; Twyman-Green-Interferometer; holografische Interferometrie, Grundlagen, Verfahren und Auswertung, Messmethoden mittels elektronisch steuerbarer diffraktiver optischer Elemente, Doppelbelichtungsverfahren, Echtzeitverfahren, Phaseshift-Verfahren; Speckle-Messtechnik, Speckle Fotografie, abbildende und unfokussierte Speckle-Fotografie, Speckle-Interferometrie, Speckle-Interferometer, elektronische Speckle-Interferometrie, Zeitmittelungsverfahren; spezielle Sensoren und Techniken, Optische Kohärenztomografie, Tomografie, Weißlichtinterferometrie in der Medizin, Echtzeitmessung, Geschwindigkeitsmessung, Laser-Doppler-Anemometer, LIDAR, Stoffanalyse

### 2. Bildgebende Verfahren:

Definition, Struktur und Ordnungsschemata bildgebender Verfahren; strahlungsphysikalische Größen und Licht-Materie Wechselwirkung; Auflösungsvermögen optisch bildgebender Verfahren, Beugungsbegrenzung, Fraunhofer Beugung, Airy Disk, Rayleigh Kriterium, Limitierung durch Abbildungsfehler, Systemcharakterisierung über Punktspreizfunktion (PSF), Modulationstransferfunktion (MTF), beugungsbegrenzte MTF; Verfahren zur Überwindung des Beugungslimits, 4Pi Mikroskopie, Stimulated Emission Depletion (STED) Mikroskopie, kombinierte Ansätze; Bildgebung mit CCD Kameras, PN-Übergang, innerer Photoeffekt, Photodiode, MOS Kondensator, CCD Funktionsprinzip, Architekturen, Front- und Rückseitenbelichtung, Ladungssammlung, Transport- und Ausgangsstufe, Photonenrauschen und Rauschprozesse in der CCD, Dynamikbereich und Berechnung des SNR, hohe Empfindlichkeit: Electron-Multiplying CCD, hohe Zeitauflösung: Intensiviere CCDs; Bildgebung mit CMOS Kameras, CMOS Technologie und Herstellungsprozess, Architekturen von CMOS Sensoren, Active Pixel Sensor (APS) und Varianten, Rolling und Global Shutter, Farbsensoren, Bayer Pattern, Wissenschaftliche CMOS Kameras (sCMOS), High Speed Kameras, Digital Pixel Sensor, 3D Time-of-flight Kameras (TOF); Magnetresonanztomographie (MRT), Aufbau und Funktionsweise des Tomographen, Kernspin, mag. Momente im Gleichfeld, Bewegungsgleichung für wechselfreie Teilchen, Larmor-Frequenz, wechselwirkende Spins, Bloch-sche Gleichungen, Longitudinale und transversale Relaxationszeit, T1- und T2-Bestimmung, Spin-Echo-Sequenz, 3D Bildgebung, Frequenz- und Phasenkodierung, Echtzeit-MRT; Computertomographie (CT), Aufbau und Funktion der Scanner bis zur 3. Generation, Erzeugung, Detektion der Röntgenstrahlung, Strahlenexposition, Absorption und Hounsfield Skala, Projektionen, Linienintegrale, Sinogramm, Radontransformation, Fourier-Scheibentheorem, gefilterte Rückprojektion über 2D-Fouriertransformation, 3D-Darstellungen über MIP und Raycasting; Sonographie, Frequenzbereich, Anwendungen, Erzeugung und Detektion von Ultraschall, Messköpfe, Ausbreitung im Medium, Reflexion, Absorption, Streuung, Echo-Impuls-Verfahren, Auflösungsvermögen, Scanmodes, Doppler-Sonografie, 3D Sonografie

### 3. Laborteil:

Es werden 7 Laborversuche zu verschiedenen Themen aus der Optischen Messtechnik und den bildgebenden Verfahren durchgeführt:

- Lasertriangulation
- Laservibrometrie
- Wellenfrontsensorik mittels Shack-Hartmann-Sensor
- MTF-Messung
- Messungen an einem diffraktiven optischen Element
- Charakterisierung von Lichtquellen (Kennlinien, Strahldichte, Leuchtdichte, Spektrale Verteilung, Farbkoordinaten)

## Optische Mess- und Analyseverfahren (OMA)

- Dynamisches Verhalten von Halbleiterlichtquellen (LED, Laserdiode) und Photosensoren (Photowiderstand, Phototransistor, Photodioden, Avalanche-Photodioden, Photomultiplier)

### Pflichtliteratur

#### Literaturempfehlungen

- Bonnell, D. (2000). *Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy: Theory, Techniques, and Applications*. John Wiley & Sons.
- Amelinckx, S. (1996). *Handbook of Microscopy, 3 Vol.: Methods: Applications in Materials Science, Solid-state Physics and Chemistry: 2*. Wiley-VCH.
- van Dyck, S. (1996). *Handbook of Microscopy I. Methods I: Applications in Materials Science, Solid-state Physics and Chemistry: 001*. Wiley-VCH.
- Geary, J. (1993). *Introduction to Optical Testing (Tutorial Texts in Optical Engineering)*. SPIE Society of Photo-Optical, Instrumentation Engineers.
- Donges, A. (1993). *Optoelektronische Verfahren zur Messung geometrischer Größen, Band 405 Meß- und Prüftechnik*. Hüthig-Verlag.
- (1997). *Laseroptische Mess- und Prüfverfahren für die Produktion und Umweltmesstechnik, Abschluß- und Zwischenpräsentation*. VDI Technologiezentrum Physikalische Technologien.
- Hauf, W. & Grigull, U. & Mayinger, F. (1991). *Optische Meßverfahren in der Wärme- und Stoffübertragung*. Berlin u.a.: Springer.
- Hecht, E. (2009). *Optik* (5., verb. Aufl.). München : Oldenbourg.

## Technische Optik 2 (TOP2)

Modulname <b>Technische Optik 2 (TOP2)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. Maria Krikunova</b>	
Stand vom <b>2021-09-16</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>8</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>8</b>	V / Ü / L / P / S <b>8 / 0 / 0 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>4</b>	SWS <b>8</b>	V / Ü / L / P / S <b>8 / 0 / 0 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse der Physik/Optik auf Bachelor-Niveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>zugeordnete Lehrveranstaltungen: Optische Technologien / Spektroskopie (OTS) 4/0/0/0 (Prof. Dr. M. Krikunova), Optische Materialien / Optischer Gerätebau (OMG) 2/0/0/0 (Dr. M. Lisker), Halbleitertechnologien (HLT) 2/0/0/0 (Prof. Dr. A. Mai)</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>120,0 Std.</b>	Selbststudium <b>115,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>5,0 Std.</b>	Summe <b>240 Std.</b>

Lernziele Kenntnisse/Wissen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Studierenden verstehen die Grundlagen der Wechselwirkung von Licht mit verschiedenen optischen Komponenten</li> <li>– Sie sind in der Lage die Einsatzmöglichkeiten verschiedener optisch-spektroskopischer Verfahren bei neuartigen Problemstellungen einzuschätzen</li> <li>– Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse über die Eigenschaften optischer Materialien</li> <li>– Sie verstehen die Physik optischer Materialeigenschaften, wie Transmission-, Reflexion, Brechungsindex und Absorption</li> <li>– Die Studierenden sind in der Lage geeignete Materialien für optische Systeme auszuwählen</li> </ul>

## Technische Optik 2 (TOP2)

- Sie können geeignete Messtechniken zur Bestimmung der Materialparameter identifizieren und spektralphotometrische und ellipsometrische Messungen eigenständig anwenden.
- Die Studierenden erlangen vertieften Kenntnissen im Bereich neuer Entwicklungen in der Photonik und Mikroelektronik, der Mikrosystemtechnik, den Materialwissenschaften und verwandter Fachrichtungen
- Sie beherrschen die Grundlagen der Halbleitertechnologien und kennen die wichtigsten Verfahren und neuer Entwicklungen in diesem Bereich
- Die Studierenden sind als potentielle Entwickler und Anwender von Halbleiter-, Laser- und Optikkomponenten in der Lage, deren Spezifika im Hinblick auf spätere Anwendungen zu berücksichtigen und deren Herstellungstechnologien dementsprechend auszurichten

### Fertigkeiten

- Die Studierenden können optische Elemente eigenständig berechnen
- Sie sind befähigt, eigenständig optische Aufbauten zur Lösung komplexer physikalischer und technischer Problemstellungen in Industrie und Forschung zu planen
- Die Studierenden können die Aufbauten hinsichtlich wichtiger optischer Parameter wie Transmission, Reflexion und spektralen Verhaltens berechnen
- Sie sind grundsätzlich befähigt spektroskopische Techniken eigenständig weiterzuentwickeln
- Die Studierenden sind in der Lage, Problemstellungen in den Materialwissenschaften und den jeweiligen Technologiefeldern, mit den erworbenen, vertieften ingenieurtechnischen Spezialkenntnissen zu lösen.

### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage Problemstellungen im Bereich optischer Technologien und Spektroskopie mit anderen zu diskutieren und Lösungen zu entwickeln und Erlangen somit Managementkompetenz im Bereich Versuchsplanung und Laborbetrieb/-führung
- Sie sind in der Lage eigenständig geeignete Lösungsstrategien für physikalisch/technischer Problemstellungen auszuwählen und diese allein oder im Team zu umzusetzen.

### Selbständigkeit

- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur selbständigen, innovativen Anwendung ihrer Kenntnisse und Fertigkeiten in der jeweiligen Vertiefungsrichtung.
- Sie erlangen durch eigenverantwortliche und auf die Lehrinhalte bezogene Kurzvorträge (project oriented lectures - POL ) die Fähigkeit ingenieurtechnische Inhalte darzustellen und weiter zu vermitteln
- Die Studierenden erwerben die Kompetenz, selbständig ingenieurtechnische Fragestellungen aus der Analyse vorgegebener Problemstellungen in der jeweiligen Vertiefungsrichtung zu extrahieren und in entsprechende Lösungsstrategien umzusetzen.

### Inhalt

#### 1. „Optische Technologien / Spektroskopie“

Grundlagen: Grundlagen Interferenz und Beugung, Phasenverschiebung und optische Weglänge, Interferenz von zwei Punktquellen, Beugung am Spalt, Doppelspalt;  
Interferometer: Zweistrahlinterferometer, Mach-Zehnder Interferometer, Michelson Interferometer,

## Technische Optik 2 (TOP2)

Zweistrahlinterferenz in einer dünnen Schicht, Vielstrahlinterferometer, Vielstrahlinterferenz in einer dünnen Schicht, Fabry-Perot Interferometer, Bragg-Spiegel (Periodische Mehrschichtsysteme, Dielektrische Spiegel), Ringresonatoren;  
 Optische Gitter: Transmissions-Amplituden-Gitter, Transmissions-Phasen-Gitter, Reflexions-Phasen-Gitter, Blazegitter (Echelette-Gitter), Littrow-Gitter, Spalteinfluss bei einem realen Gitter, Spektrale Zerlegung von Weißlicht, Auflösungsvermögen;  
 Prismen: Ablenkwinkeldispersion, Spektrale Zerlegung von Weißlicht, Auflösungsvermögen;  
 Polarisatoren: Polarisationsarten (linear, zirkular, elliptisch), Erzeugung von polarisiertem Licht durch Reflexion (Brewsterwinkel) und Absorption (Anisotrope Medien);  
 für Wissenschaft und Technik bedeutende Spektralapparate und Einsatzgebiete, Aufbau und Wirkungsweise von Spektrographen, Prismen-Spektrographen, Gitter-Spektrographen, Fabry-Perot-Interferometer, Fourier-Transform-Spektrometer;  
 Grundlegende Struktur von Elementlinien: Linienbreiten und Verbreiterungsmechanismen, Spektroskopische Grundlagen der Atomphysik: stationäre Niveaus, Orbitale, Besetzungsregeln, Auswahlregeln, Notation, Identifikation von Spektren, Umgang mit entsprechenden Datenbanken;  
 Grundlagen der Molekülspektroskopie und Anwendungen: Grundlagen der Molekülphysik, Rotation, Vibration, elektronische Anregung, Born-Oppenheimer-Näherung, Franck-Condon-Prinzip, Einfache Ansätze der Störungsrechnung;  
 Methoden / Arten: Mikrowellenspektroskopie, Infrarotspektroskopie, Laser induzierte Fluoreszenz, Optische Emissionsspektroskopie, Absorptionsspektroskopie, Raman-Spektroskopie

### 2. „Optische Materialien/Optischer Gerätebau“

Optische Koeffizienten (komplexer Brechungsindex und Permittivität); Kristalline Isolatoren und Halbleiter, Gläser, Metalle, molekulare Materialien, dotierte Gläser; Charakteristika der Optik von Festkörpern, Mikroskopische Modelle, Dispersionstheorie, Kramers-Kronig-Relationen, Kristallsymmetrie, Doppelbrechung; optisch aktive Materialien; elektrooptische Effekte, Phasenschieber, Polarisatoren; Elektronische Bänder, Vibronische Bänder; Zustandsdichte; Delokalisierte Zustände und kollektive Anregungen; direkte und indirekte Halbleiter, Absorption und Lumineszenz, Quantenbeschränkte Strukturen (2D-, 1D- und 0D-Materialien).

### 3. „Halbleitertechnologien“

Die Studierenden erlangen Wissen über Materialien, Verfahren und Diagnostik zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen. Die Studierenden können so detaillierte Kenntnisse zu folgenden Prozessen und Verfahren anwenden: Wafer-Substratherstellung (Halbleiterkristall; Miller-Indizes; Czochalski-Verfahren; Floating-Zone; Substrat-Arten: Si-Bulk, Silicon-on-Insulator - SOI, SiGe-Strukturen); Prozessschritte zur Fertigung eines integrierten Schaltkreises / integrated circuit - IC (Fotolithographie, Lichtquellen - von der Hg-Lampe zum extremen Ultraviolett / EUV ( $\lambda=13,5\text{nm}$ ); Maskenherstellung, Reaktives-Ionenätzen / reactive ion etching - RIE, z.B. BOSCH-Prozess, Chemisch-Mechanisches Polieren (CMP), Arten der chemischen Gasphasenabscheidung (CVD, LPCVD, PECVD,...); physikalische Gasphasenabscheidung (PVD); Metrologie, z.B. CD-REM, Defektinspektionsverfahren; Ionenimplantation; Ausheilungsverfahren, z.B. Rapid-Thermal-Anneal (RTA)); Die Studierenden erlangen Wissen über den Prozessablauf eines integrierten elektrooptischen Schaltkreises (FEOL; WG - Wave Guides; GC - Grating-Coupler; PD - Photodiodes; BEOL-Metallisierung); Die Studierende sind befähigt das Wissen über Ausbeuteerhöhung, Zuverlässigkeit und Qualifikation von HL-Technologien anzuwenden; Die Studierenden können die Physik von Bauelementen (CMOS, Halbleiterdetektoren) erklären und Maßnahmen zur Leistungsverbesserung beschreiben; Die Studierenden erlangen Wissen über neueste Entwicklungen in den Halbleiter-Technologien (More-than-Moore Technologien), Siliziumphotonik (EPIC-Technologien; Materialien), 2D Elektronik

## Technische Optik 2 (TOP2)

### Pflichtliteratur

#### Literaturempfehlungen

- Doering, R & Nishi, Y. (2008). *Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology*. CRC Press.
- Giebel, T. (2002). *Grundlagen der CMOS-Technologie*. Teubner.
- Widmann, D & Mader, H. (1996). *Technologie hochintegrierter Schaltungen (Halbleiter-Elektronik)*. Springer.
- Hilleringmann, U. (2014). *Silizium-Halbleitertechnologie: Grundlagen mikroelektronischer Integrationstechnik*. Springer Vieweg.
- Mayer-Kuckuk, T. (1997). *Atomphysik : eine Einführung ; mit 7 Tabellen und 1 Spektraltafel* (5., durchges. und erw. Aufl.). Stuttgart : Teubner.
- Woodgate, G. (1984). *Elementare Struktur der Atome*. Oldenbourg R. Verlag GmbH.
- Banwell, C & MacCash, E. (1999). *Molekülspektroskopie : ein Grundkurs*. München [u.a.] : Oldenbourg.
- Saleh, B & Teich, M. (2008). *Grundlagen der Photonik* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Weinheim : WILEY-VCH.
- Schmidt, W. (1994). *Optische Spektroskopie*. Weinheim [u.a.]: VCH.
- Demtröder, W. (1999). *Elektrizität und Optik [Experimentalphysik/2]*.
- Demtröder, W. (2000). *Laserspektroskopie*. Berlin [u.a.]: Springer.
- Niedrig, H & Eichler, H. (2004). *Lehrbuch der Experimentalphysik : zum Gebrauch bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium; 3: Optik : Wellen- und Teilchenoptik* (10. Aufl.). Berlin [u.a.] : de Gruyter.
- Hecht, E. (2001). *Optik*. München [u.a.]: Oldenbourg.
- Kassing, R & Blügel, S. (2005). *Lehrbuch der Experimentalphysik : zum Gebrauch bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium; 6: Festkörper* (2., überarb. Aufl.). Berlin [u.a.] : de Gruyter.
- Ibach, H & Lüth, H. (2009). *Festkörperphysik : Einführung in die Grundlagen ; mit 104 Übungen* (7. Aufl.). Berlin [u.a.] : Springer.
- Gersten, J & Smith, F. (2001). *The physics and chemistry of materials*. New York, NY [u.a.] : Wiley.
- Heavens, O. (1991). *Optical properties of thin solid films* (Reissue). New York : Dover.
- Nolting, W. (2015). *Grundkurs theoretische Physik; 5,2: Quantenmechanik - Methoden und Anwendungen* (8. Aufl.). Berlin [u.a.] : Springer.
- Christian, K. (2006). *Optische Gleichrichtung in dielektrischen Materialien mit Nichtlinearitäten zweiter Ordnung*. Shaker.
- Stefan, H. (1995). *Spektroskopie ultraschneller Prozesse in elektro-optischen Materialien*. Shaker Verlag.
- K, W. (2003). *Bestimmung optischer Kennwerte lumineszierender und reflektierender Materialien*.

## Technische Optik 2 (TOP2)

Wirtschaftsverlag N. W. Verlag für neue Wissenschaft.

- Litfin, G. (2005). *Technische Optik in der Praxis : mit 20 Tabellen* (3., aktualisierte und erw. Aufl.). Berlin [u.a.] : Springer.
- Meschede, D. (2005). *Optik, Licht und Laser* (2., überarb. und erw. Aufl.). Wiesbaden : Teubner.
- Schröder, G & Treiber, H. (2014). *Technische Optik (Kamprath-Reihe)*. Vogel Business Media.
- Harke, A. (2010). *Amorphous silicon for the application in integrated optics* (1. Aufl.). München : Verl. Dr. Hut.
- Dhar Gupta, B. (2015). *[(Fiber Optic Sensors Based on Plasmonics)] [By (author) Banshi Dhar Gupta ] published on (July, 2015)*. World Scientific Publishing Co Pte Ltd.
- Desurvire, E. (1994). *Erbium doped fiber amplifiers : principles and applications*. New York, NY u.a. : Wiley.
- Fox, M. (2012). *Optische Eigenschaften von Festkörpern*. München : Oldenbourg.

## Wahlpflichtmodul 1 (WP1)

Modulname <b>Wahlpflichtmodul 1 (WP1)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Hofmann, Mandy</b>	
Stand vom <b>2023-09-25</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Wahlpflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 1 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>2</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 1 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse in Physik, Chemie, Materialtechnik, Messtechnik auf Bachelorniveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Die Studierenden haben im Semester mindestens eines der im Modul WP1 angebotenen Wahlpflichtfächer aus Brandenburg und eines aus Wildau zu belegen. Fakultativ sind mehr Fächer möglich. Die tatsächlich angebotenen Fächer sind dem gültigen Wahlpflichtkatalog zu entnehmen mögliche Lehrveranstaltungen: 1. Lehrort: TH Brandenburg: Infrarottechnik (IRT) 2/0/0/0 (Prof. Dr. M. Vollmer), Biophotonik (AOP) 2/0/0/0 (Prof. Dr. J. Eichstädt); 2. Lehrort: TH Wildau: Modellierung optischer Systeme 1 (MO1) 1/0/1/0 (Dr. J. Bauer), Optik-Simulation in der Praxis (OSP) 1/0/1/0 (Dr. M. Hofmann), Fertigung optischer Systeme (FOS) 1/0/1/0 (Prof. Dr. C. Gerhard)</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>88,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>2,0 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

Lernziele Kenntnisse/Wissen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Studierenden verfügen über Kenntnisse zu den grundlegenden Strahlungsgesetzen, Strahlungsgrößen, Kenngrößen infraroptischer Systeme wie Strahler und Detektoren sowie optischen Materialien</li> <li>– Sie können die anatomischen Bestandteile des Auges aufzählen, können unterschiedliche Modelle zur Optik des Auges vergleichen, können die wichtigsten physiologischen Funktionen des</li> </ul>

## Wahlpflichtmodul 1 (WP1)

Auges erklären, können die grundlegenden Begriffe und Berechnungen der Augenoptik anwenden

- Die Studierenden erhalten vertiefte Kenntnisse zur physikalischen Basis der Berechnung und Optimierung optischer Systeme und entwickeln ein vertieftes Verständnis über den Aufbau und die Wirkungsweise optischer Systeme
- Sie erlernen Methodiken zur Analyse von gegebenen Abbildungsaufgaben und erlangen Kompetenzen in der Auswahl geeigneter optischer Systeme für gegebene Abbildungsfälle sowie Kenntnisse über grundlegende Mechanismen optischer Abbildungsfehler.
- Die Studierenden erlangen Kenntnisse über die Herstellung optischer Gläser sowie über Herstellungsverfahren optischer Komponenten und optomechanischer Systeme inklusive der einschlägigen Normen, Spezifikationen und Toleranzangaben.

### Fertigkeiten

- Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte IR-Anwendungen wie Pyrometrie und Thermographie sowie Infrarotspektrometrie einzusetzen und Fertigkeiten zum sicheren Umgang mit diesen Techniken zu entwickeln.
- Sie können die Zusammenhänge zwischen den Fachgebieten Optik und Augenoptik erkennen und entsprechend strukturieren, können die Korrektur einer Ametropie anhand von Qualitätskriterien beurteilen
- Die Studierenden erlangen Fertigkeiten, um als potentielle Entwickler und Anwender von Spezialoptiken und Optikkomponenten, die entwickelten Optiken in komplexen Anlagen sicher einzusetzen und zu bedienen
- Sie erwerben Fertigkeiten und Kenntnisse bei der Anwendung des optische Design-, Analyse- und Optimierungs-Programms ZEMAX
- Die Studierenden erlangen Kompetenzen in einer fachspezifischen Projektbearbeitung im Optikdesign mit dem Ziel der Entwicklung von Fähigkeiten der Präsentation dieser Ergebnisse in deutscher oder englischer Sprache im Rahmen der Prüfung.
- Sie erlernen die Auslegung einfacher optischer Systeme in Theorie und Praxis

### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen im Team zu diskutieren und zu lösen
- Sie vertiefen ihre Interaktionskompetenzen, Managementkompetenz und Teamarbeitskultur in der Arbeit in kleinen Projektteams
- Die Studierenden werden für etwaige zukünftige Managementtätigkeiten mit Personalverantwortung in der Fertigungsplanung und im Qualitätsmanagement sensibilisiert.

### Selbständigkeit

- Die Studierenden entwickeln eigenständig Lösungsansätze für gegebene Abbildungsfälle
- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur selbständigen, innovativen Anwendung optometrischer Systeme und erwerben die Kompetenz, selbständig ingenieurtechnische Fragestellungen aus der Analyse vorgegebener Problemstellungen zu extrahieren, welche mit Hilfe der optischen Gerätetechnik gelöst werden können.
- Sie sind befähigt zur selbständigen, innovativen Anwendung infrarottechnischer Systeme und erwerben die Kompetenz, selbständig ingenieurtechnische Fragestellungen aus der Analyse

## Wahlpflichtmodul 1 (WP1)

vorgegebener Problemstellungen zu extrahieren, welche mit Hilfe der IR-Technik gelöst werden können.

- Die Studierenden lernen strategische Entscheidungen von Forschungs-/ Entwicklungskonzepten beim Einsatz von Infrarottechnologie zu beurteilen und die Leitung komplexer, neuartiger Entwicklungsaufgaben im Bereich von Infrarotsystemen zu übernehmen sowie sich eigenständig Wissen zu erschließen
- Sie sind in der Lage, die zur Inbetriebnahme eines optometrischen Messgerätes notwendigen Informationen gezielt zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, etc.)
- Sie sind in der Lage, neuartige Aufgabenstellungen systematisch zu analysieren und selbstständig geeignete Lösungsansätze zu erarbeiten
- Die Studierenden erlangen die Fähigkeit zum selbstständigen Durchrechnen und Bewerten optischer Systeme, erhalten hierfür grundlegende Software und erwerben ingenieurtechnische Kompetenzen in der Entwicklung und Anwendung neuartiger Entwicklungsumgebungen und optischer Systeme
- Sie erlangen Kompetenzen in der Problemanalyse und -lösung auf Basis des Prinzips des problembasierten Lernens und setzen sich konstruktiv-kritisch mit selbst erarbeiteten Lösungen auseinander

## Wahlpflichtmodul 1 (WP1)

### Inhalt

#### 1. „Infrarottechnik“:

Einführung in die IR-Technik (Wellenlängenbereich, Wechselwirkungsprozesse, Hauptanwendungen der Strahlungsthermometrie, Thermographie, Molekülspektroskopie); Strahlungsgesetze; Strahlungsgrößen; Emissionsgrad; Transmission der Erdatmosphäre; Infrarotstrahler/-empfänger, IR-Strahler, IR- Empfänger; Kenngrößen (Quantenausbeute, Responsivität, Zeitkonstante, Linearität, NEP, Detektivität); Wirkprinzipien (Quantendetektoren-; thermische Detektoren; IR-Bildaufnahme; Optische Werkstoffe und Bauelemente der IR-Technik (Geräte und Anwendungen der IR-Technik; Quantitative Betrachtungen (radiometrische Kette und Ableitung der Formel für die NETD); Anwendungsbeispiele Thermographie

#### 2. „Biophotonik“:

Anatomie des Auges (Schutzmechanismen, Bewegungsapparat, Orbita, Bulbus Oculi, dioptrischer Apparat, Sehbahn); Physiologie des Auges (Transmission, Refraktion, Ametropien, Akkommodation, Sehschärfe, Adaptation, Gesichtsfeld, Farbsehen, Binokularsehen); Optometrische Methoden (Skioskopie, Refraktionsbestimmung, Aberrometrie, Keratografie, Pachymetrie, Perimetrie, Funduskopie, Tonometrie); Korrektur der Ametropien (Brillenkorrektur, Kontaktlinsenkorrektur, refraktive Chirurgie, Intraokularlinsen)

#### 3. „Modellierung optischer Systeme“:

Die Studierenden erlangen Wissen im Rahmen der Anwendung der in der Industrie gebräuchlichen Optiks simulationssoftware ZEMAX in den Fachgebieten: Strahldurchrechnung von optischen Systemen (Ray Tracing, ZEMAX) einschließlich der paraxialen Abbildung mit ZEMAX; Einführung in das Optikdesign, in die Bildfehleranalyse und in die Optimierung optischer Systeme mit dem Programm ZEMAX (Bewertung optischer Systeme, Korrektur optischer Systeme, Zusammenhang der geometrisch optischen Bildfehler mit wellenoptischen Abbildungsfehlern (Zernike Polynom, Wellenaberration)); Optikkonstruktion und Toleranzrechnungen auf der Basis von ZEMAX; Entwicklung von Fähigkeiten des Vortragens in deutscher oder englischer Sprache auf der Basis der Präsentation einer fachspezifischen Projektarbeit mit ZEMAX.

#### 4. „Optiksimulation in der Praxis“:

Optische Abbildungsmodelle, Analyse von Abbildungsfällen, Bestimmung konjugierter Parameter, Auswahl geeigneter optischer Systeme für gegebene Abbildungsfälle, Entstehung und Minimierung von Abbildungsfehlern, Einfluss von Fertigungsfehlern sowie Form- und Lagetoleranzen in optischen Komponenten und Systemen auf die optische Abbildung, Einfluss der Glaswahl auf die Abbildungsleistung optischer Systeme, Achromasie-Bedingung, Auslegung von achromatischen Doublets

#### 5. „Fertigung optischer Systeme“:

Fertigungstoleranzen für optische Gläser (Spannungsdoppelbrechung, Homogenität, Blasen, Einschlüsse, Schlieren), Einzelkomponenten (Sauberkeit, Passe, Zentrierung, Rauheit) und optomechanische Systeme, Zusammensetzung und Herstellung optischer Gläser, Herstellung von Glasrohlingen, Pressabformen, Trennschleifen, Hohlschleifen, Formschleifen, Rundieren, Schruppen, Läppen, Planschleifen, Fasen, Oberflächenmessung, Probeglasverfahren, Polieren, Abtrags-hypothese, Fließhypothese, chemische Polierhypothese, Polierwerkzeuge- und Verfahren, Synchro-Speed-Politur, Poliermittel und Poliermittelsuspensionen, Magneto-Rheological Finishing, Fluid Jet Polishing, Verkitten, Kittfehler, optische Kitte, Ansprennen, Zentrieren, Beschichten, Montage optomechanischer Systeme, Reinigungsverfahren

## Wahlpflichtmodul 1 (WP1)

### Pflichtliteratur

#### Literaturempfehlungen

- Vollmer, M., Möllmann, K-P (2018). *Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications*, 2nd ed., Wiley-VCH Weinheim.
- P. Dewitt, D. (1989). *[(Theory and Practice of Radiation Thermometry)] [Edited by David P. Dewitt ] published on (February, 1989)*. John Wiley and Sons Ltd.
- Wolfe, W & Infrared Information and Analysis Center (Ann Arbor, M. (1993). *The infrared handbook* (rev. ed., 4. print.). Washington, DC : Naval Research, Dep. of the Navy.
- Budzier, H., Gerlach, G., (2011) *Thermal Infrared Sensors - Theory, Optimisation and Practice*, Wiley
- Schuster, N & Kolobrodov, V. (2004). *Infrarotthermographie* (2., überarb. und erw. Aufl.). Weinheim : Wiley.
- Herrmann, K. (1990). *Wissenspeicher Infrarottechnik : mit 74 Tabellen* (1. Aufl.). Leipzig : Fachbuchverl. Leipzig.
- Dereniak, E & Boreman, G. (1996). *Infrared detectors and systems*. New York u.a. : Wiley.
- Kingston, R. (1979). *Detection of optical and infrared radiation* (2. printing). Berlin [u.a.] : Springer.
- Günzler, H. & Heise, H. (1996). *IR-Spektroskopie*. Weinheim [u.a.]: VCH.
- Pedrotti, F. (2008). *Optik für Ingenieure : Grundlagen* (4., bearb. Aufl.). Berlin [u.a.] : Springer.
- Gross, H. (2005). *Handbook of Optical Systems: Volume 1: Fundamentals of Technical Optics (Gross/Optical Systems V1-V6 Special Prices Unitl 6v St Publi)*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Bauer, J. (2016). *Vorlesungsskript "Modellierung optischer Systeme"*. TH Wildau.
- Haferkorn, H & Richter, W. (1996). *Synthese optischer Systeme*. . J. A. Barth.
- Haferkorn, H. (2002). *Optik: Physikalisch-technische Grundlagen und Anwendungen*. Wiley- VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Haferkorn, H. (1986). *Bewertung optischer Systeme*. Berlin : Dt. Verl. d. Wiss.
- Methling, D. (2013). *Bestimmen von Sehhilfen*. Georg Thieme Verlag.
- Dietze, H. (2015). *Die optometrische Untersuchung*. Georg Thieme Verlag.
- Lippert, H. (2000). *Lehrbuch Anatomie*. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
- Klinke, R & Bauer, C. (2003). *Lehrbuch der Physiologie : 55 Tabellen* (4., korrigierte Aufl.). Stuttgart [u.a.] : Thieme.
- Stahl, K & Miosga, G. (1986). *Infrarottechnik : Grundlagen, Strahlungssender und Detektoren, Infrarotbildaufnahme und -wiedergabe, Fernmeßverfahren ; mit 41 Tab.* (2., stark bearb. Aufl.). Heidelberg : Hüthig.

## Angewandte Photonik (AGP)

Modulname <b>Angewandte Photonik (AGP)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. rer. nat. Martin Regehly</b>	
Stand vom <b>2023-08-21</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>6</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>6</b>	V / Ü / L / P / S <b>6 / 0 / 0 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>7</b>	SWS <b>6</b>	V / Ü / L / P / S <b>6 / 0 / 0 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse der Physik/Optik auf Bachelor-Niveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>zugeordnete Lehrveranstaltungen: Höchsthfrequenzelektronik (HFE) 2/0/0/0 (Prof. Dr. A Mai), Nichtlineare Optik (NLO) 2/0/0/0 (Prof. Dr. M. Regehly), Optische Bauelemente (OBE) 2/0/0/0 Dr. P. Steglich)</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>90,0 Std.</b>	Selbststudium <b>87,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>3,0 Std.</b>	Summe <b>180 Std.</b>

Lernziele
Kenntnisse/Wissen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Studierenden erlangen Kenntnissen zu Technologien und Entwicklungen für Anwendungen im Gebiet der drahtlosen und Breitbandkommunikation.</li> <li>– Sie erlangen Einblick in die historische und aktuelle Entwicklungen fortgeschrittener Halbleitertechnologien für Hochfrequenzanwendungen und im Speziellen SiGe-BiCMOS-Technologien.</li> <li>– Die Studierenden sind befähigt Kenntnisse zur Funktionsweise von Hochfrequenzbauelementen, wie z.B. dem SiGe-HBT oder passiven Bauelementen (Spulen, Antennen) anzuwenden und physikalische Abhängigkeiten und Effekte zwischen Bauelemente-Gruppen zu betrachten, sowie RF-Packaging-Technologien zu analysieren.</li> </ul>

## Angewandte Photonik (AGP)

- Sie erwerben vertiefte Kenntnisse der mathematischen Grundlagen nichtlinearer optischer Phänomene und Materialien unter Berücksichtigung neuester Ergebnisse der Materialforschung
- Die Studierenden kennen die aktuellen optischen Bauelemente, sind auf dem aktuellen Stand neuerer Entwicklungen im Bereich der nichtlinearen Optik.
- Sie erwerben die Fähigkeit zur Auswahl geeigneter Modelle für die Beschreibung nichtlinearer optischer Phänomene.
- Die Studierenden besitzen umfangreiche Kenntnisse, um eine geeignete Auswahl der einzusetzenden optischen Materialien und Detektoren der nichtlinearen Optik zu treffen.
- Sie verfügen über Kompetenz im Einsatz photonischer Bauelemente in den Informations- und Kommunikationstechnologien, der Sensorik, Mechatronik, Robotik und in verwandten Gebieten.

### Fertigkeiten

- Die Studierenden können nichtlinear optische Techniken und Materialien zielgerichtet zur Lösung neuartiger Forschungs- und Entwicklungsaufgaben einsetzen.
- Sie besitzen die Fertigkeit zur Berechnung nichtlinearer optischer Parameter.
- Die Studierenden verfügen über Kompetenz in der Auslegung und in der Fertigung nichtlinearer optischer Systeme und Komponenten.
- Sie besitzen die Fähigkeit, eigene Lösungsansätze in der nichtlinearen Optik zu verfolgen und eigenständig nichtlineare optische Bauelemente zu entwickeln.
- Die Studierenden erwerben Fertigkeiten zur Umsetzung theoretischer Konzepte und zum Aufbau photonischer Bauelemente und Systeme.

### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden erwerben die Kompetenz, Problemstellungen aus den Gebieten der Optik, Photonik, der Sensorik sowie der optischen Informations- und Kommunikationstechnik selbständig und im Team zu analysieren, Lösungsstrategien zu entwickeln und diese effizient umzusetzen.

### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind in der Lage, selbständig und im Team geeignete Methoden der Halbleitertechnologien sowie der linearen und nichtlinearen Optik zur Lösung von Problemstellungen der Höchstfrequenzelektronik, der integrierten Optik, der Photonik und verwandter Gebiete auszuwählen und effizient einzusetzen.

### Inhalt

#### 1. „Höchstfrequenzelektronik“:

Die Studierenden erlangen Wissen im Bereich Hochfrequenzelektronik zu folgenden Fachgebieten:

Anwendungsgebiete für Hochfrequenztechnologien und Bauelemente; Technologien (Verbundhalb-leiter und Si); Detaillierte Betrachtung Si-basierter Hochfrequenzbauelemente: Skalierter CMOS vs. SiGe-Heterobipolar-Transistor (physikalische Prinzipien, Funktionsweise, komplementäre Bauelemente, Prozessgrenzen), passive Hochfrequenzelemente, Charakterisierung (KSE; Z-, Y- und S-Parameter; Smith-Chart), Anforderung an Hochfrequenzmodellierung; Die Studierenden erlangen Kenntnisse zu aktuellen

## Angewandte Photonik (AGP)

Anwendungsfeldern (Radar, Imaging, optische Kommunikation etc.) der Hochfrequenzelektronik und sind befähigt Technologien und Bauelemente-Konzepte anwendungs-spezifisch zu beurteilen.

### 2. Nichtlineare Optik:

Theoretische Grundlagen der nichtlinearen Polarisation: Anharmonische Potenziale (Kristallgitter), Schwingungsamplituden, klassische anharmonische Schwingungen für 3-Wellen-Mischprozesse; elektromagnetische Wellen im nichtlinearen optischen Medium: Fourier-Darstellung von elektromagnetischen Wellen, Lichtausbreitung im nichtlinearen Medium, Näherungslösungen für langsam veränderliche Amplituden und Lichtimpulse (Gruppengeschwindigkeit); Ergebnisse der Quantenelektrodynamik: optisch-parametrischer Prozess, stimulierte Raman-Streuung, optisch nichtlineare Materialien, nichtlineare Suszeptibilitäten 2. und 3. Ordnung (isotrope Medien, anisotrope Kristalle, Grenzflächen); Suszeptibilitäts-Tensoren: Anzahl der Tensor-Elemente, Kristallsymmetrie und unabhängige Tensor-Elemente; klassische Modellierung der 2.

Harmonischen: Nichtlineare Polarisation 2. Ordnung mit Suszeptibilitäts-Tensor, Entwicklung der Intensität der 2. Harmonischen (Phasen-Fehlanpassung bei konstanter Grundwelle, Phasen-Anpassung bei Abbau der Grundwelle); Phasenanpassung der Wellen: Energie- und Impulserhaltung der Wellen, Verfahren der Phasenanpassung im optisch einachsigen Kristall [Kritische Phasenanpassung (Typ I, Typ II), unkritische Phasenanpassung (90 Grad)]; Bildung der Summen- und Differenzfrequenz, parametrische optische Verstärkung: Berechnung der Schwell-Pumpleistung für Einzelresonator, Anwendung von Pumpplaserpulsen, Phasenanpassung mit einem periodisch gepolten LiNO<sub>3</sub>-Kristall; OPO-OPA-Systeme, Vierwellenmischung: THG, Optischer Kerr-Effekt, photorefraktive Prozesse, Modell des Prozesses, Beugung am Interferenzgitter; Selbst-Wechselwirkungseffekte: Selbstfokussierung, Selbstphasenmodulation und Selbstfrequenzverbreiterung, räumliche Solitonen; stimulierte Lichtstreuung: Raman-Effekt, Brillouin-Streuung

### 3. Optische Bauelemente:

Photonische Schalter, opto-mechanische Schalter, elektro-optische Schalter, akusto-optische Schalter, magneto-optische Schalter, opto-optische Schalter, Beispiele; Fundamentale und praktische Grenzen, Photonenzahl-Fluktuationen, Energie-Zeit-Unschärfe, Schaltzeiten, Bauelement-Abmessungen, bistabile optische Bauelemente, bistabile Systeme, Prinzipien der optischen Bistabilität (dispersive nicht-lineare Elemente, intrinsische bistabile optische Bauelemente, dissipative nichtlineare Elemente, Materialien), hybride bistabile optische Bauelemente (Pockels-Cell Fabry-Perot Etalon, Self-Electro-Optic-Effect, Bauelemente) Optische Wellenleiter, holographische optische Verbindungen, optische Wellenleiter in der Mikroelektronik; Optische Datenverarbeitung, digitale optische Datenverarbeitung, analoge optische Datenverarbeitung (diskrete und kontinuierliche optische Prozessoren, Fourier-Transformation, Faltung und Korrelation, geometrische Transformationen)

#### Pflichtliteratur

- Schrader, S & Ross, W. (2010). *Skript "Nichtlineare Optik"*. Th Wildau.
- Schrader, S. (2010). *Skript „Optische Bauelemente“*. TH Wildau.

## Angewandte Photonik (AGP)

### Literaturempfehlungen

- Werner, B. (2013). *Mikrowellentechnik: Kompakte Grundlagen Für Das Studium*. Vieweg+Teubner Verlag.
- Saleh, B & Teich, M. (1991). *Fundamentals of Photonics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Giebel, T. (2002). *Grundlagen der CMOS-Technologie*. B.G. Teubner Verlag.
- Taur, Y & Ning, T. (1998). *Fundamentals of Modern VLSI Devices*. Cambridge University Press.
- Lipinski, K. (2004). *Handlexikon der Informationstechnologie : PC-Technik, Netzwerke, Speichertechnik, Multimedia, Informationsmanagement, Telekommunikation* (1. Aufl.). Bonn : mitp-Verl.
- Gibbs, H. (1985). *Optical bistability : controlling light with light*. Orlando, Fla. [u.a.] : Acad. Pr.
- N. Morozov Herbert A. Elion, V. (1984). *Optoelectronic Switching Systems in Telecommunications and Computers (Electro-Optics, Volume 4) 1st edition by Herbert A. Elion, V. N. Morozov (1984) Gebundene Ausgabe*. Marcel Dekker.
- Smith, P & Gustafson, T. (1988). *Photonic Switching*. Springer-Verlag.
- Wagemann, H & Eschrich, H. (2010). *Photovoltaik : Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften ; Solarzellenkonzepte und Aufgaben ; mit .. 20 Übungsaufgaben* (2., überarb. Aufl.). Wiesbaden : Vieweg + Teubner.
- Kittel, C. (1991). *Einführung in die Festkörperphysik*. München u.a.: Oldenbourg.
- Dohlus, R. (2010). *Photonik: Physikalisch-technische Grundlagen der Lichtquellen, der Optik und des Lasers*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Ghatak, A & Thyagarajan, K. (2006). *Fiber Optics And Lasers: The Two Revolutions*. Macmillan.
- Anurag, S. (2013). *Guided Wave Optics: Selected Topics*. Viva Books.

## Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (FP2)

Modulname <b>Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (FP2)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Hofmann, Mandy</b>	
Stand vom <b>2018-12-05</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>0 / 0 / 0 / 4 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>7</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>0 / 0 / 0 / 4 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse Optik/Physik, Chemie, Materialtechnik, Messtechnik auf Bachelorniveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Das F&amp;E-Projekt kann an der eigenen Hochschule, an anderen Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen oder in der Industrie durchgeführt werden. Im Falle unterschiedlicher Aufgabenstellungen für FP1 und FP2 errechnet sich die Gesamtnote des Moduls als gewichtetes Mittel der Einzelnoten mit dem Gewicht 2/5 für FP1 und 3/5 für FP2. Bei unveränderter Aufgabenstellung wird eine Gesamtnote nach Abschluss von FP2 festgelegt.</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>0,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>90,0 Std.</b>	Prüfung <b>0,0 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

## Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (FP2)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse und Fertigkeiten über ein begrenztes Teilgebiet der Photonik und der Optischen Technologien durch weitgehend selbstständige Bearbeitung einer Projektaufgabe mit begrenztem Zeitbudget
- Sie erlangen die Fähigkeit, eigenständig wissenschaftlich zu arbeiten, Fachliteratur passend zu ihrem F&E-Projekt zu finden, kritisch zu bewerten und für Ihre Zwecke einzusetzen

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden sind in der Lage, ingenieurwissenschaftliche Texte und Dokumentationen zu erstellen und Projektergebnisse adäquat zu präsentieren.
- Sie besitzen die Fertigkeiten, praktische Grundlagen des Projektmanagements anzuwenden und eine adäquate Präsentation und Dokumentation von Projekten zu erstellen
- Sie erwerben die Fähigkeit und Fertigkeit einen Ablaufplan für ein F&E-Projekt, einschließlich Meilensteinen und Entscheidungspunkten zu erstellen und diesen in einem geeigneten Kontext umzusetzen.
- Sie erwerben die Fertigkeit, F&E-Projekte unter Einsatz gängiger Medien zu präsentieren.
- Die Studierenden sind in der Lage, die Ergebnisse eigener Arbeit als wissenschaftliche Veröffentlichung und in kurzen, zusammenfassenden Zwischenberichten zu präsentieren
- Sie sind in der Lage über ihre Arbeit im Rahmen von wissenschaftlichen Vorträgen und Kolloquien vor Fachpublikum zu berichten

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Lösungen optischer / photonischer Problemstellungen eigenständig oder im Team zu erarbeiten
- Sie sind befähigt in einem Team zu arbeiten und erweitern somit ihre Managementkompetenz

#### Selbstständigkeit

- Die Studierenden sind kompetent in der selbstständigen Erarbeitung von Lösungen ingenieurwissenschaftlicher und technischer Problemstellungen in der Grundlagen- und angewandten Forschung im Bereich der Photonik und der optischen Technologien
- Sie erlangen die Fähigkeit, eigenständig wissenschaftlich zu arbeiten, Fachliteratur passend zu ihrem F&E-Projekt zu finden, kritisch zu bewerten und für Ihre Zwecke einzusetzen.
- Die Studierenden erwerben Kompetenz in der selbstständigen Erarbeitung von Lösungen ingenieurtechnischer Problemstellungen in der Grundlagen- und angewandten Forschung im Bereich der Photonik und der optischen Technologien sowie im Projektmanagement.
- Sie erlangen durch die Bearbeitung einer spezifischen physikalischen Fragestellung sowie die Präsentation und Verteidigung der Ergebnisse Kompetenz zum Wissenschafts- und Zeitmanagement
- Die Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung und Lösung des Themas der Projektaufgabe notwendigen Informationen im Wesentlichen selbstständig und gezielt zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, Patentschriften, etc.)

## Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (FP2)

### Inhalt

1. Eine F&E-Aufgabe im Bereich Photonik (linearer, nichtlinearer Optik/Elektrooptik, optische Technologien) wird im Rahmen von FP2 selbstständig bearbeitet. Die Aufgabe umfasst die Konzepterstellung und praktische Realisierung. Das F&E-Projekt kann an der eigenen Hochschule, an anderen Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen oder in der Industrie durchgeführt werden. FP2 kann die Fortsetzung der Arbeiten des F&E-Projekts FP1 aus dem 2. Fachsemester beinhalten. Das F&E-Projekt FP2 wird im 3. Semester der Regelstudienzeit absolviert und mit einer schriftlichen Arbeit sowie einer Abschlussverteidigung (Vortrag) abgeschlossen. Bericht und Vortrag werden bewertet.
2. Der zweite Abschnitt FP2 kann die Fortsetzung der Arbeiten des F&E-Projekts FP1 aus dem 2. Fachsemester beinhalten. Das F&E-Projekt FP2 wird im 3. Semester der Regelstudienzeit absolviert und mit einer schriftlichen Arbeit sowie einer Abschlussverteidigung (Vortrag) abgeschlossen. Schriftliche Arbeit und Vortrag werden bewertet.

### Pflichtliteratur

- Saleh, B & Teich, M. (2008). *Grundlagen der Photonik* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Weinheim : WILEY-VCH.
- Menzel, R. (2001). *Photonics : linear and nonlinear interactions of laser light and matter*. Berlin [u.a.] : Springer.

### Literaturempfehlungen

## Lasermaterialbearbeitung (LMB)

Modulname <b>Lasermaterialbearbeitung (LMB)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. Justus Eichstädt</b>	
Stand vom <b>2018-11-22</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>6</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>5</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 2 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>5</b>	SWS <b>5</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 0 / 2 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse der Mathematik und Physik auf Bachelor-Niveau, Erfolgreicher Abschluss der Module des 1. und 2. Fachsemesters erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>Lehrveranstaltung: Vorlesung: 3/0/0/0 (Prof. Dr. J. Eichstädt), Labor: 0/0/2/0 (Prof. Dr. J. Eichstädt, Dr. K. Sowoidnich, D. Karstädt), Lehrort: TH Brandenburg</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>75,0 Std.</b>	Selbststudium <b>103,5 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>1,5 Std.</b>	Summe <b>180 Std.</b>

## Lasermaterialbearbeitung (LMB)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden können die wichtigsten Gefährdungen, Normen und Schutzmaßnahmen zum Thema Lasersicherheit aufzählen
- Sie können die bedeutendsten Anwendungen der Lasertechnik in der Fertigungstechnik darlegen
- Die Studierenden können sowohl den grundlegenden Aufbau einer Laseranlage zur Materialbearbeitung erklären, als auch die unterschiedlichen Laserstrahlquellen und Laseranlagen in ihrem Aufbau und ihrer Funktion vergleichen
- Sie können die grundlegenden Begriffe und Berechnungen der Lasermaterialbearbeitung anwenden
- Die Studierenden können Laserstrahlquellen und Laseranlagen für entsprechende Anwendungen anhand ihrer Eigenschaften und Parameter auswählen

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden können die Zusammenhänge zwischen den Fachgebieten Optik, Lasertechnik und Lasermaterialbearbeitung erkennen und entsprechend strukturieren
- Sie können die Eigenschaften einer Laseranlage zur Materialbearbeitung analysieren und beurteilen
- Die Studierenden können die Sicherheit einer Laseranlage nach den entsprechenden Kriterien und Normen prüfen und kritisch bewerten
- Sie sind in der Lage das Gelernte zu einem Gesamtüberblick über das Thema Lasermaterialbearbeitung zusammenzuführen
- Die Studierenden können Entwicklungsprojekte in Laserlaboren planen und durchführen

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen im Team zu diskutieren und zu lösen

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind in der Lage, die zur Inbetriebnahme eines optometrischen Messgerätes notwendigen Informationen gezielt zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, etc.)
- Die Studierenden sind in der Lage, neuartige Aufgabenstellungen systematisch zu analysieren und selbstständig geeignete Lösungsansätze zu erarbeiten.

## Lasermaterialbearbeitung (LMB)

### Inhalt

#### 1. Vorlesung:

Einordnung der Lasermaterialbearbeitung in die Fertigungstechnik; Strahlquellen: Grundbegriffe, Entwicklung der Lasertechnik, Laserstrahlquellen für die Lasermaterialbearbeitung, Parameter von Strahlquellen; Anlagentechnik: Grundaufbau, Anlagenkonzepte, Punkt- und maskengestützte Verfahren, optische Komponenten, Strahlformung, Strahlführung, Handhabungssysteme, Zerstör-schwellen von optischen Komponenten, Messsysteme und Sensorik zur Prozessregelung und -steuerung, Anlagensteuerung und Programmierung; Verfahren der Lasermaterialbearbeitung: Wechselwirkung von Licht mit Materie, Einteilung der Bearbeitungsverfahren, Bearbeitungspara-meter, Bestimmung von Bestrahlungsparametern, Abtragen und Strukturieren, laser-induzierte pe-riodische Oberflächenstrukturen, Laserbohren, Laserbeschriftung, Laserschneiden, Laserschwei-ßen und -Löten, Oberflächenbehandlung mit Laserstrahlung, Lasergestützte generative Ferti-gungsverfahren; Laseranlagensicherheit: Gefährdung, Normen und Richtlinien, Laserklassen, Schutzmaßnahmen, Wechselwirkung mit Organen.

#### 2. Labor:

Die Studierenden lernen den Umgang mit industriellen Lasersystemen zur Materialbearbeitung kennen und führen in Gruppen ausgewählte Bearbeitungsaufgaben zur Materialbearbeitung an Laseranlagen durch; bei den zu bearbeitenden Aufgabenstellungen sind durch die Studierenden Arbeitsprogramme zu erstellen, Bearbeitungsparameter zu erproben und Bearbeitungsergebnisse auszuwerten.

### Pflichtliteratur

## Lasermaterialbearbeitung (LMB)

### Literaturempfehlungen

- Eichler, H & Eichler, J. (2015). *Laser : Bauformen, Strahlführung, Anwendungen* (8., aktualisierte u. überarb. Aufl. 2015). Berlin : Springer.
- Hügel, H & Graf, T. (2009). *Laser in der Fertigung : Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren* (2., neu bearb. Aufl.). Wiesbaden : Vieweg + Teubner.
- Poprawe, R. (2005). *Lasertechnik für die Fertigung : Grundlagen, Perspektiven und Beispiele für den innovativen Ingenieur ; mit 26 Tabellen*. Berlin [u.a.] : Springer.
- Erhardt, K, Heine, A & Prommersberger, H. (1993). *Laser in der Materialbearbeitung : Grundlagen des Lasers, Laseranlagen, Lasermaterialbearbeitung, Sicherheitsvorschriften und Arbeitsschutz* (1. Aufl.). Würzburg : Vogel.
- Bliedtner, J, Müller, H & Barz, A. (2013). *Lasermaterialbearbeitung : Grundlagen, Verfahren, Anwendungen, Beispiele ; mit 110 Tabellen sowie einer DVD*. München : Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl.
- Dorn, L. (1992). *Schweißen und Löten mit Festkörperlasern*. Springer-Verlag.
- Iffländer, R. (1990). *Festkörperlaser zur Materialbearbeitung (Laser in Technik und Forschung)*. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG.
- Beyer, E & Wissenbach, K. (1998). *Oberflächenbehandlung mit Laserstrahlung (Laser in Technik und Forschung)*. Springer.
- Schuöcker, D. (2012). *[(Handbook of the EuroLaser Academy: Volume 2)] [Edited by Dieter Schuöcker] published on (October, 2012)*. Springer-Verlag New York Inc.
- Herziger, G & Loosen, P. (1993). *Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlen: Grundlagen - Systeme - Verfahren*. Fachbuchverlag Leipzig.

## Management (MGT)

Modulname <b>Management (MGT)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr.-Ing. Thomas Masurat</b>	
Stand vom <b>2020-09-30</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>4</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 0 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>7</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>4 / 0 / 0 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>Grundkenntnisse betriebswirtschaftlicher Fächer auf Bachelorniveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss</b>
Besondere Regelungen <b>zugeordnete Lehrveranstaltungen: Unternehmensführung (UNF) 2/0/0/0 (Dr. H. Steinert), Projektmanagement/Patentrecht 2/0/0/0 (Prof. Dr. T. Masurat)</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>60,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>0,0 Std.</b>	Summe <b>120 Std.</b>

## Management (MGT)

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden verstehen die Strukturen und Prozesse in einem Wirtschaftsunternehmen
- Sie kennen und verstehen den Begriff "Projekt", "Geschäftsziel" und "Projektziel"
- Die Studierenden kennen und verstehen die wichtigsten Projekttypen und können neue Aufgabenstellungen entsprechend typisieren
- Sie kennen und verstehen die wichtigsten Methoden und Hilfsmittel der Projektkontrolle, Projektsteuerung und Projektdokumentation

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die eigenen Aktivitäten in ihrem jeweiligen Arbeitsbereich in den Gesamtzusammenhang einzuordnen, und erwerben die Kompetenz, die Anforderungen ihres Fachbereichs gegenüber der Unternehmensleitung zu vertreten.
- Sie kennen die wichtigsten Methoden der Projektplanung und -strukturierung und können diese Kenntnisse auf weniger komplexe Projektaufgaben zielgerichtet anwenden
- Die Studierenden kennen die wichtigsten Softwaretools für die Projektplanung und Durchführung und können diese zielgerichtet einsetzen

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden lernen die Arbeitsmethodik der Wirtschaftswissenschaften kennen und anwenden, so dass sie zur konstruktiven Teamarbeit in interdisziplinären Arbeitsgruppen befähigt werden bzw. Basiskompetenz für die Leitung derartiger Teams erhalten.
- Sie kennen die wichtigsten Methoden zum kreativen Finden von Lösungswegen für Projektaufgaben im Team und können diese anwenden
- Sie kennen die wichtigsten Methoden zur Schätzung von Aufwänden im Team und können diese anwenden

#### Selbständigkeit

- Sie erwerben die Kompetenz, unternehmerische Entscheidungen z.B. zu Investitionen in Forschungsprojekte vorzubereiten bzw. selbst zu treffen.

## Management (MGT)

### Inhalt

#### 1. „Unternehmensführung“:

Das Wirtschaftsunternehmen: Zielsystem, Organisation, Planung, Steuerung; Unternehmensplanung und Strategieentwicklung: Der Strategiebegriff, Prognose, Risiko und Frühwarnung, Strategische Grundprinzipien; Werkzeuge der strategischen Unternehmensführung: SWOT-Analyse, Modell der wettbewerblichen Differenzierung, Markt-/Produktmatrix, Portfolio-Analyse, von der Planung zur Umsetzung; Führung und Motivation: Führungsstile im Wandel, einfache Management-by-Konzeptionen, zielorientierte Management-Modelle, Führung im Team; aktuelle Herausforderungen der Unternehmensführung

#### 2. „Projektmanagement/Patentrecht“:

- Projektmanagement: Projekttypen, allgemeine Grundsätze des Projektmanagements, Definition von Geschäfts- und Produktzielen, Projektorganisation im Unternehmen mit Verantwortlichkeiten
- Projektplanung: Genereller Projektablauf mit Meilensteinen, Erstellen eines Angebots, Vertragsgestaltung nach Erhalt eines Auftrags, Erstellen eines Projektstammblaatts und Pflichtenhefts, Durchführung einer Projektplanung mit Strukturplan, Ablaufplan/Netzplan, Aufwandschätzung u. Kapazitätsplan, Terminplan/Meilensteinplan und Kostenplan, Demonstration einer Projektplanung anhand der Konstruktion und Herstellung einer Produktionslinie für elektromechanische Komponenten mit Hilfe der Software Excel und Microsoft Projekt;
- Projektdurchführung: Erstellen einer Meilenstein-Trend-Analyse, Terminverfolgung und -anpassung, Aufwandsverfolgung und -anpassung, Kostenverfolgung und -anpassung, Meilensteinverfolgung, Projektänderungsplanung mit Änderungskosten, Fortführung der Demonstration für die Produktionslinie unter Verwendung der oben angegebenen Software;
- Projektdokumentation: Durchführung eines F&E-Projekts mit Planungen und deren Dokumentation, Projektverfolgung und Dokumentation, Berichtswesen
- Patentrecht

### Pflichtliteratur

## Management (MGT)

### Literaturempfehlungen

- Hemmrich, A, Harrant, H & Wojtusiak, H. (2007). *Projektmanagement : In 7 Schritten zum Erfolg* (2. Aufl.). München : Hanser.
- Schelle, H. (2008). *Projektmanagement: Die besten Projekte, die erfolgreichsten Methoden..* Juristischer Verlag.
- Olfert, K. (2004). *Kompakt-Training Projektmanagement* (4., verb. und erw. Aufl.). Ludwigshafen (Rhein) : Kiehl.
- Litke, H. & Kunow, I. & Schulz-Wimmer, H. (2009). *Projektmanagement*. Planegg bei München: Haufe.
- Hauer, G & Ultsch, M. (2010). *Unternehmensführung kompakt*. München : Oldenbourg.
- Hinterhuber, H. (2015). *Strategische Unternehmensführung : das Gesamtmodell für nachhaltige Wertsteigerung* (9., völlig neu bearb. Aufl.). Berlin : Schmidt.
- Rahn, H. (2008). *Unternehmensführung* (7., vollkommen überarbeitete Auflage). Ludwigshafen (Rhein) : Kiehl.
- Steinmann, H, Schreyögg, G & Koch, J. (2013). *Management : Grundlagen der Unternehmensführung ; Konzepte, Funktionen, Fallstudien* (7., vollst. überarb. Aufl.). Wiesbaden : Springer Gabler.
- Drucker, P. (2007). *Management challenges for the 21st century* (Classic Drucker coll. ed., [rev. ed.]). Amsterdam [u.a.] : Elsevier [u.a.].

## Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)

Modulname <b>Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Prof. Dr. Kirsten Harth</b>	
Stand vom <b>2023-08-21</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>5</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 1 / 0 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>5</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>3 / 1 / 0 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen Grundkenntnisse der Mathematik und Physik auf Bachelorniveau Analysis (Differential- und Integralrechnung für Funktionen mit mehreren Veränderlichen, einfache Differentialgleichungen lösen), Stochastik (Kombinatorik, Verteilungsfunktionen), Grundlagen der Linearen Algebra, homogene lineare Differentialgleichungen erster und zweiter Ordnung
Besondere Regelungen zugeordnete Lehrveranstaltungen: Statistische Physik, Thermodynamik (SPT) 1/1/0/0 (Prof. Dr. K. Harth), Quantenmechanik (QME) 2/0/0/0 (Prof. Dr. T. Kern) Lehrt: TH Brandenburg

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>86,5 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>3,5 Std.</b>	Summe <b>150 Std.</b>

Lernziele Kenntnisse/Wissen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Studierenden besitzen fundierte Kenntnisse der klassischen Thermodynamik, deren Hauptsätze und Anwendungen.</li> <li>– Die Studierenden erlernen die kinetische Gastheorie, die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung und Anwendung in der Laserkühlung.</li> <li>– Es werden die wichtigsten Strahlungsgesetze (Stefan Boltzmann, Planck) erlernt.</li> <li>– Die Studierenden besitzen Kenntnisse zu thermodynamischen Potentialen und deren Transformationen.</li> </ul>

## Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)

- Sie besitzen Kenntnisse der statistischen Thermodynamik sowie Anwendungen der mikrokanonischen und kanonischen Gesamtheit.
- Sie können die Entwicklung von der Einteilchen-Quantenmechanik zur Mehrteilchen-Quantenmechanik nachvollziehen.
- Die Studierenden besitzen fundierte Kenntnisse über die Grundlagen der Quantentheorie
- Sie können die Grenzen der nichtrelativistischen Quantentheorie kritisch reflektieren und besitzen einen Überblick über weiterführende Themen (z.B. zweite Quantisierung)
- Die Studierenden können die zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung für grundlegende Potentialverläufe lösen

### Fertigkeiten

- Die Studierenden werden befähigt, die Thermodynamik in Experimenten und Entwicklungen im Bereich der Photonik gewinnbringend einzusetzen.
- Sie sind in der Lage, statistische Gesetzmäßigkeiten zur Modellbildung und Datenauswertung im Bereich der Photonik nutzbringend anzuwenden.
- Die Studierenden können die gewonnenen Kenntnisse der Quantenstatistik zur Herleitung von Gesetzmäßigkeiten der Festkörperphysik mit ihren zahlreichen Anwendungen in der Photonik verwenden.
- Sie sind in der Lage, bekannte experimentelle Befunde (z.B. Phasenübergänge, Diffusion, Entstehung von Unordnung) in den Kontext der theoretischen Physik einzuordnen.
- Die Studierenden sind in der Lage, experimentelle Befunde aus der Atom- und Molekülphysik in den Kontext theoretischer Modellbildungen einzuordnen.

### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden erlangen die soziale Kompetenz, mathematisch-physikalische Aufgabenstellungen gemeinsam zielgerichtet zu bearbeiten
- Sie sind in der Lage, eigenständig und im Team grundlegende oder angewandte wissenschaftlich-technische Problemstellungen eigenständig zu analysieren und mit Hilfe quantenmechanischer Methoden zu bearbeiten und zu lösen.

### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind befähigt, komplexe Aufgabenstellungen aus den Gebieten der statistischen Physik, Thermodynamik, Optik und Photonik zu abstrahieren und selbständig geeignete Lösungsansätze zu entwickeln.

## Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)

### Inhalt

#### 1. „Statistische Physik, Thermodynamik“

Grundbegriffe und Einführung: Thermodynamisches System, Gleichgewicht, Arbeit, kinetische Gastheorie, Gleichverteilungssatz, Maxwell Verteilung, Zustandsgleichung ideales- und reales Gas, Hauptsätze der TD, Entropie, Kreisprozesse Carnot und Stirling, Thermodynamische Potentiale, Gibbs-Helmholtz Gleichung, Legendre-Transformationen, Hohlraumstrahlung, Stefan Boltzmann & Plancksches Strahlungsgesetz, Statistische Physik: Makro- und Mikrozustände, Phasenraum, Dichtefunktion, Ergodenhypothese, Liouville Gleichung, mikrokanonisches und großkanonisches Ensemble, Anwendungen auf ideale und Quantengase

#### 2. „Quantenmechanik“

Experimentelle Phänomene, die zur Entwicklung der Quantenmechanik führten: Schwarzer Strahler und Planck'sches Strahlungsgesetz, Atomspektren und Bohr-Modell, Photoelektrischer Effekt, Compton-Effekt; Grundlagen der Quantenmechanik: Materiewellen, Grenzen der Anwendbarkeit der Quantenmechanik; Mathematischer Apparat der Quantenmechanik: Darstellung mechanischer Größen durch Operatoren, Grundlagen der Darstellungstheorie, Schrödinger-Gleichung, Dichte-matrix, unitäre Transformationen, Änderung eines Zustandes mit der Zeit (Änderung mechanischer Größen mit der Zeit), Störungstheorie, zweite Quantisierung; Bewegung von Teilchen im Potenzial-feld: Harmonischer Oszillator, Mehrkörperproblem, Coulomb-Potential, Wasserstoffatom, Born-Oppenheimer-Näherung, Heliumatom; Anwendungen in der Atom- und Molekülphysik: Tunneleffekt, Emission/Absorption/Streuung von Licht, quantenmechanische Übergänge, Pauli-Prinzip, mechanisches und magnetisches Moment des Elektrons (Spin), Spin-Bahn-Kopplung, Teilchensysteme, Molekülbildung

### Pflichtliteratur

## Theoretische Grundlagen der Photonik 2 (TGP2)

### Literaturempfehlungen

- Gribbin, J. (2010). *Auf der Suche nach Schrödingers Katze: Quantenphysik und Wirklichkeit*. Piper Taschenbuch.
- Feynman, R. (2010). *QED - Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie*. Piper Taschenbuch.
- Blochinzew, I. (2000). *Grundlagen der Quantenmechanik. Studienausgabe*. Deutsch Harri GmbH.
- Nolting, W. (2004). *Grundkurs theoretische Physik; 5,1: Quantenmechanik; 1, Grundlagen : 130 Aufgaben mit vollständigen Lösungen* (6. Aufl.). Berlin [u.a.] : Springer.
- Nolting, W. (1994). *Quantenmechanik ; 2, Methoden und Anwendungen [Grundkurs theoretische Physik/5,2]*.
- (1989). *The Feynman lectures on physics; 3: Quantum mechanics* (Commemorative issue). Reading, Mass. [u.a.] : Addison-Wesley.
- Sommerfeld, A. (1962). *Thermodynamik und Statistik*. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G.
- Fließbach, T. (2010). *Statistische Physik* (5. Aufl.). Heidelberg : Spektrum Akad. Verl.
- Windisch, H. (2014). *Thermodynamik: Ein Lehrbuch für Ingenieure*. De Gruyter Oldenbourg.
- Schmelzer, J. & Ulbricht, H. & Mahnke, R. (1994). *Aufgabensammlung zur klassischen theoretischen Physik*. Wiesbaden: Aula-Verl..
- Nolting, W. (2014). *Grundkurs theoretische Physik; 6: Statistische Physik* (7. Aufl.). Berlin [u.a.] : Springer.
- Nickel, U. (2010). *Lehrbuch der Thermodynamik : eine verständliche Einführung ([Neufassung])*. Erlangen : PhysChem-Verl.
- Schwabl, F. (2006). *Statistische Mechanik : mit 26 Tabellen und 186 Aufgaben* (dritte, aktualisierte Auflage). Berlin : Springer.

## Wahlpflichtmodul 2 (WP2)

Modulname <b>Wahlpflichtmodul 2 (WP2)</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Hofmann, Mandy</b>	
Stand vom <b>2023-09-25</b>	Sprache <b>Deutsch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Wahlpflicht</b>	CP nach ECTS <b>4</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>3</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>2 / 0 / 2 / 0 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>5</b>	SWS <b>4</b>	V / Ü / L / P / S <b>2 / 0 / 2 / 0 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <p>grundlegende Kenntnisse in der Experimentalphysik auf Bachelor-Niveau, Grundlagen der Mikro- und Halbleitertechnologien, Grundlagen der Werkstoffkunde, Grundkenntnisse der Physik/Optik/Photonik/Festkörperphysik auf Bachelor-Niveau erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss • Grundkenntnisse in Programmierung und im Umgang mit Software • Bereitschaft zur sozialen Interaktion und Präsentation von Lösungen • Lernbereitschaft und -fähigkeit</p>
Besondere Regelungen <p>Die Studierenden haben im Semester mindestens eines der im Modul WP1 angebotenen Wahlpflichtfächer aus Brandenburg und eines aus Wildau zu belegen. Fakultativ sind mehr Fächer möglich. Die tatsächlich angebotenen Fächer sind dem gültigen Wahlpflichtkatalog zu entnehmen  mögliche Lehrveranstaltungen: 1. Lehrort: TH Brandenburg: Optische Systeme in unserer Umwelt (MST) 2/0/0/0 (Prof. Dr. Vollmer), Elektronenmikroskopie (ELM) 1/0/1/0 (Dr. F. Pinno), Programmieren in Python (PIP) 1/0/1/0 (J. Muluem), Optische Kommunikationstechnik (OK) 2/0/0/0 (Prof. Dr. Eichstädt) 2. Lehrort: TH Wildau: Halbleiterdetektoren (HLD) 2/0/0/0 (Dr.-Ing. F. Heinrich), Optische Fasern (OPF) 2/0/0/0 (Dr. Ksianzou), Modellierung optischer Systeme 2 (MO2) 1/0/1/0 (Dr.-Ing. J. Bauer)</p>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>60,0 Std.</b>	Selbststudium <b>58,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>2,0 Std.</b>	Summe <b>120 Std.</b>

Lernziele <p>Kenntnisse/Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Den Studierenden verfügen über Basiswissen und erlangen ein grundlegendes Verständnis der</li> </ul>
---

## Wahlpflichtmodul 2 (WP2)

Mikrosystemtechnik, sind in der Lage, vertiefte Kenntnisse über ausgewählter Werkstoffe und/oder Verfahren sowie deren Besonderheiten anzuwenden, sind befähigt, Werkstoffanalytisches Basiswissen im grundlegenden Verständnis des jeweiligen Fachgebietes zu reflektieren, erwerben detaillierte Kenntnisse über Wechselwirkungsmechanismen zwischen Elektronen und Materie sowie Analyseverfahren von Festkörperoberflächen, erlangen praktische Erfahrungen in der Anwendung der Lerninhalte durch geeignete Übungen bzw. geeignetes Üben an den Gerätesystemen

- Sie können beispielhaft Lösungen bei der Probenpräparation und Informationsinterpretation entwickeln
- Die Studierenden verstehen die physikalischen Grundlagen gängiger Halbleiterdetektoren und sind in der Lage physikalisch/technische Daten der Detektoren wie Empfindlichkeit, Zeitverhalten und Rauschverhalten als Funktion der Detektor-Materialien und Aufbauten zu verstehen und abzuleiten
- Sie lernen unterschiedliche Typen optischer Fasern und die jeweiligen Anwendungsgebiete kennen, erlangen Kenntnisse über die Wirkprinzipien zur Lichtführung in Wellenleitern, erlangen Kompetenzen in der Auswahl geeigneter optischer Fasern für gegebene Aufgabenstellungen
- Die Studierenden entwickeln ein vertieftes Verständnis über den Aufbau und die Wirkungsweise optischer Systeme und erhalten vertiefende Kenntnisse zur physikalischen Basis der Berechnung und Optimierung optischer Systeme

### Fertigkeiten

- Die Studierenden entwickeln Lösungen in der System-bezogenen Umsetzung der Lerninhalte, indem sie die erworbenen theoretischen Kenntnisse und praktischen Fertigkeiten kombinieren und ausgewählte komplexe Aufgabenstellungen lösen, z.B. Entwurf, Fertigung, Montage und Test von Mikrosystemen für die Optik, Aktorik oder Sensorik
- Sie sollen aktuelle Ergebnisse aus der Photonik-Forschung und deren Anwendungen diskutieren und bewerten. Die Studierenden beurteilen sowohl vermittelte Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung als auch deren mögliche praktische Anwendungen
- Die Studierenden verfügen über Fähigkeiten zur Konzipierung komplexer Prozesse und Analysen, wie sie in der Mikrosystemtechnik, der Optoelektronik, Photonik oder Sensorik auftreten und entwickeln anhand von Fallbeispielen Fertigkeiten zur Lösung praktischer Probleme
- Sie erwerben Fertigkeiten, unterschiedliche Analyseansätze zu planen und die bestehenden Alternativen zu vergleichen.
- Die Studierenden sind befähigt zur selbstständigen Analyse verschiedener Einsatzfelder, zur selbstständigen Auswahl geeigneter Systeme, und zur Integration von Halbleiterdetektoren in physikalische, chemische, biologisch/medizinische Messaufbauten in Forschung und Industrie
- Sie werden mit den Technologien zur Herstellung optischer Fasern vertraut gemacht und sind in der Lage, optische Übertragungssysteme unter Nutzung optischer Fasern zu entwerfen.
- Die Studierenden erlangen Fertigkeiten, um als potentielle Entwickler und Anwender von Spezialoptiken und Optikkomponenten, die entwickelten Optiken in komplexen Anlagen sicher einzusetzen und zu bedienen

### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage Problemlösungen für verschiedene technisch-wissenschaftliche Problemstellungen selbstständig und im Team zu entwickeln

## Wahlpflichtmodul 2 (WP2)

- Sie sind in der Lage, Aufgabenstellungen im Team zu diskutieren und zu lösen, somit wird ihre Teamfähigkeit und Managementkompetenz gefördert

### Selbständigkeit

- Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit zur selbständigen Anwendung ihres Basiswissens in diesen Lehrgebieten, insbesondere bei der Anwendung von Materialien, Design-, Modellierungs-, Fertigungs-, Analyse- und Prüfverfahren
- Sie sind in der Lage, selbständig geeignete Methoden in der Optik, der Materialstrukturierung, der Mikrobearbeitung und der Integration von Mikrosystemen im Bereich der Photonik und der optischen Technologien anzuwenden
- Die Studierenden sind befähigt für forschungsorientierte Aufgaben, selbstständig geeignete Methoden der Mikrosystemtechnik und Elektronenstrahlanalytik in ihrem Tätigkeitsfeld anzuwenden und die Ergebnisse zu interpretieren
- Sie sind in der Lage strategische Entscheidungen von Forschungs-/ Entwicklungskonzepten zu beurteilen und die Leitung komplexer, neuartiger Entwicklungsaufgaben im Bereich photonischer Mikrosysteme zu übernehmen sowie sich eigenständig Wissen zu erschließen
- Die Studierenden erlangen die Fähigkeit zum selbstständigen Berechnen und Bewerten optischer Systeme, erhalten hierfür grundlegende Software und erwerben ingenieurtechnische Kompetenzen in der Entwicklung und Anwendung neuartiger Entwicklungsumgebungen und optischer Systeme sowie bei der Anwendung neuer Materialien und Prozesse zur Fertigung optischer / photonischer Komponenten und Systeme.

### Inhalt

1. Optische Systeme in unserer Umwelt:  
Überblick zu Mikrosystemen und Trends: Was ist ein Mikrosystem? - Definitionen zu Mikrosystemen, Wirkprinzipien und Grundelemente in der MST, Übersicht zu Materialien und Technologien der MST, Anwendungsfelder und Entwicklungstendenzen; Entwurf und Simulation von Mikrosystemen; Funktions- und Konstruktionswerkstoffe für Mikrosysteme; Spezielle Technologien und Herstellungsstrategien der MST; MST Anwendungsbeispiele, Mikromechanik, Mikrosensoren/-aktoren, mikrofluidische Systeme, Optische und photonische Mikrosysteme (MOEMS); Systemintegration, Ausbeute und Zuverlässigkeit
2. Elektronenmikroskopie:  
Grundlagen der Elektronenoptik, Quellen, Linsen, abbildende Elemente; Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), Vergleich Lichtmikroskopie; Rasterelektronenmikroskopie (REM); energie-dispersive Röntgenspektrometrie (EDX), Röntgenmikroanalyse; electron backscatter diffraction (EBSD); andere Verfahren; Probenpräparation; praktisches Arbeiten
3. "Programmieren in Python":
  - Installation und Nutzung verschiedener Python-Pakete.
  - Einführung in Python und seine Rolle in der Photonik und Datenanalyse.
  - Grundlagen der Programmierung in Python: Variablen, Schleifen, Bedingungen, Funktionen.
  - Daten einlesen, verarbeiten und darstellen mit Python.
  - Datenstrukturen: Listen, Tupel, „Dictionaries“
  - Fehlerbehandlung und Ausnahmen
  - Anwendung von Data Science-Techniken mit Python.

## Wahlpflichtmodul 2 (WP2)

- Objektorientierte Programmierung mit Python (Klassen, Objekte, Vererbung und Polymorphismus)
  - Soziale Kompetenz: Präsentation von Lösungen, Vorträge und Quellcode.
  - Ableiten von Übungen aus Vorträgen und praktische Umsetzung.
4. "Optische Kommunikationstechnik":  
Historie, Einordnung und Grundlagen der optischen Kommunikationstechnik, Sender, Empfänger, Verstärker, faseroptische Übertragung, Kommunikationsbänder, Materialien, Systemkonfigurationen, Multiplexverfahren, transatlantische Kommunikation, Architekturen optischer Netzwerke, optische Satellitenkommunikation, Laser Communication Terminals
  5. „Halbleiterdetektoren“:  
Physikalische Grundlagen von Halbleiterdetektoren: Kristall- und Energieband-Strukturen von Halbleitermaterialien, direkte und indirekte Halbleiter, Dotierung, Mobilität von Ladungsträgern, Rekombination, Grenzschichten, Zeitverhalten; Technische Realisierungen: Anwendungen von Halbleiterdetektoren in der Forschung, Industrie und in der Consumer-Elektronik (MOS-, CMOS-, CCD-Detektoren), Eigenschaften: Empfindlichkeit der Detektoren, Frequenzverhalten, Effizienz, Signal-zu-Rauschverhältnis, spektrale Bandbreite, Quantenausbeute; Organische Halbleiter und Detektoren; lichtemittierende Halbleiter (LED und OLED); quantenbeschränkte Halbleiter (2D-, 1D- und 0D-Systeme)
  6. „Optische Fasern“:  
Materialien für optische Fasern (Gläser, Polymere, Kristalle), Dispersionstheorie, Materialeigenschaften; Lichtleitfasertypen (Stufenindexfasern, Gradientenindex-Fasern, Mono- und Multimodefasern, photonische Fasern, Doppelkernfasern, Multikernfasern, einkristalline Fasern); Bedingungen zur Einkopplung und zum Transport von Licht in optischen Fasern, Faserverluste, Faserdämpfung, Faserdispersion; Herstellungsverfahren für optische Fasern (Chemische Gasphasenabscheidung, Kollabieren, Faserziehen, Micro Pulling Down, Ionenaustauschverfahren); Wellenleiter (planare Wellenleiter, Streifenwellenleiter, vergrabene Strukturen); Faserlaser, Faserverstärker; Faser-Sensorik
  7. „Modellierung optischer Systeme 2“:  
Die Studierenden erlangen Wissen in den Fachgebieten: Wellenoptische Theorie der Abbildung; Modellierung und Bewertung optischer Systeme auf der Basis wellenoptischer Simulationen mit ZEMAX; Berechnung diffraktiver Elemente und optische Abbildung mittels diffraktiver Elemente (Matlab, VirtualLab).  
Die Studierenden erlangen Kompetenzen in der selbstständigen Programmierung der wellenoptischen Abbildung auf der Basis von Matlab.  
Die Studierenden erlangen Kompetenzen in einer fachspezifischen Projektbearbeitung im Optikdesign mit wellenoptischer Betrachtungsweise auf der Basis von Zemax und Matlab mit dem Ziel der Entwicklung von Fähigkeiten der Präsentation dieser Ergebnisse in deutscher oder englischer Sprache.

Pflichtliteratur

## Wahlpflichtmodul 2 (WP2)

### Literaturempfehlungen

- Wagemann, H. (2010). *Photovoltaik: Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften, Solarzellenkonzepte und Aufgaben*. Vieweg+Teubner Verlag.
- Timmermann, C. (1981). *Lichtwellenleiter : Wellenausbreitung in Glasfasern und Hohlleitern ; mit 40 gelösten Aufgaben*. Braunschweig [u.a.] : Vieweg.
- Schlachetzki, A. (1999). *Polymeroptische Fasern*. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW, Verl. für Neue Wiss..
- Borrelli, N. (2004). *Microoptics Technology: Fabrication and Applications of Lens Arrays and Devices (Optical Science and Engineering) by Nicholas F. Borrelli (2004-11-30*. Marcel Dekker Inc.
- Gerlach, G & Dötzel, W. (2005). *Einführung in die Mikrosystemtechnik*. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- Menz, W, Mohr, J & Paul, O. (2005). *Mikrosystemtechnik für Ingenieure (3., vollst. überarb. und erw. Aufl.)*. Weinheim : Wiley-VCH.
- Schwesinger, N, Dehne, C & Adler, F. (2009). *Lehrbuch Mikrosystemtechnik : Anwendungen, Grundlagen, Materialien und Herstellung von Mikrosystemen*. München : Oldenbourg.
- Dr. Schweigert, K. (2010). *Stuttgart: RayTracing VBA Programm*. Kostenlos downloads [www.s-line.de/homepages/schweigert/RayTrace/raytrace.htm](http://www.s-line.de/homepages/schweigert/RayTrace/raytrace.htm).
- (2008). *Vorlesungsskripte von Dr. Richter (TU Ilmenau): Grundlagen der Technischen Optik, Technische Optik I, Technische Optik II, Anwendungen der Technischen Optik, Theorie der Abbildung und Grundlagen von Lens Design*. UniCopy Büro- und Kopiertechnik Service, [unicopy@t-online.de](mailto:unicopy@t-online.de).
- Haferkorn, H. (1986). *Bewertung optischer Systeme*. Berlin : Dt. Verl. d. Wiss.
- Haferkorn, H. (2002). *Optik: Physikalisch-technische Grundlagen und Anwendungen*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Haferkorn, H & Richter, W. (1996). *Synthese optischer Systeme*. J. A. Barth, Leipzig.
- Gross, H. (2005). *Handbook of Optical Systems: Volume 1: Fundamentals of Technical Optics (Gross/Optical Systems V1-V6 Special Prices Unitl 6v St Publi)*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Hofmann, C. (1980). *Die optische Abbildung, Band 38 von Technisch-physikalische Monographien*. Verlag Geest & Portig.
- Bauer, J. (2016). *Vorlesungsskript "Modellierung optischer Systeme"*. TH Wildau.
- (2008). *ZEMAX, User Manual*.

## Masterarbeit

Modulname <b>Masterarbeit</b>	
Studiengang <b>Photonik</b>	Abschluss <b>Master of Engineering</b>
Modulverantwortliche <b>Hofmann, Mandy &amp; Prof. Dr. rer. nat. Martin Regehly</b>	
Stand vom <b>2022-09-19</b>	Sprache <b>Deutsch, Englisch</b>
Art der Lehrveranstaltung <b>Pflicht</b>	CP nach ECTS <b>30</b>

Art des Studiums <b>Vollzeit</b>	Semester <b>4</b>	SWS <b>30</b>	V / Ü / L / P / S <b>0 / 0 / 0 / 30 / 0</b>
Art des Studiums <b>Teilzeit</b>	Semester <b>8</b>	SWS <b>30</b>	V / Ü / L / P / S <b>0 / 0 / 0 / 30 / 0</b>

Empfohlene Voraussetzungen <b>erster berufsqualifizierender Hochschulabschluss, alle Prüfungsleistungen laut Studien- und Prüfungsordnung</b>
Besondere Regelungen <b>Die Studierenden reichen jeweils einen Themenvorschlag für ihre Abschlussarbeit ein, der vom betreuenden Hochschullehrer und vom Prüfungsausschuss genehmigt werden muss. Die Themenstellung kann durch einen Hochschullehrer oder durch ein Unternehmen erfolgen, mit dem die Hochschule kooperiert. Studierende können auch eigene Themenvorschläge machen, wenn Sie einen Hochschullehrer für die Betreuung finden. In jedem Fall muss die Themenstellung ein hinreichendes wissenschaftliches Niveau aufweisen und der Umfang der Arbeit den vorgesehenen ECTS-Punkte entsprechen.</b>

Aufschlüsselung des Workload				
Präsenz <b>450,0 Std.</b>	Selbststudium <b>450,0 Std.</b>	Projektarbeit <b>0,0 Std.</b>	Prüfung <b>0,0 Std.</b>	Summe <b>900 Std.</b>

## Masterarbeit

### Lernziele

#### Kenntnisse/Wissen

- Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse auf Masterniveau auf einem Teilgebiet der Optischen Technologien und Photonik im Rahmen der Bearbeitung einer umfangreichen Masterthesis
- Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Ergebnisse kritisch zu hinterfragen

#### Fertigkeiten

- Die Studierenden erwerben vertiefte Fertigkeiten auf Masterniveau auf einem Teilgebiet der Optischen Technologien und Photonik im Rahmen der Bearbeitung einer umfangreichen Masterthesis
- Sie sind in der Lage, die notwendigen Teilaufgaben zur erfolgreichen Bearbeitung der Masterthesis zu definieren, die voraussichtlichen Arbeitsaufwände abzuschätzen und einen Zeitplan aufzustellen
- Die Studierenden sind in der Lage, die Ergebnisse eigener Arbeit als wissenschaftliche Veröffentlichung und in kurzen, zusammenfassenden Zwischenberichten zu präsentieren und sind in der Lage über ihre Arbeit im Rahmen von wissenschaftlichen Vorträgen und Kolloquien vor Fachpublikum zu berichten

#### Soziale Kompetenz

- Die Studierenden sind in der Lage, in international und multikulturell zusammengesetzten Forschungs- und Entwicklungsteams mit anderen Wissenschaftlern harmonisch und zielgerichtet zusammenzuarbeiten.

#### Selbständigkeit

- Die Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung und Lösung des Themas der Masterarbeit notwendigen Informationen selbstständig und gezielt zu beschaffen (Internet, Datenblätter, Fachliteratur, Patentschriften, etc.)
- Sie sind in der Lage, auf der Basis ihres erworbenen Wissens und ihrer erworbenen Fähigkeiten neuartige Aufgabenstellungen zu analysieren und geeignete Lösungsansätze zu formulieren

### Inhalt

1. Die jeweilige Themenstellung ist von den Studierenden selbständig und nach wissenschaftlichen Maßstäben zu bearbeiten.  
Dazu gehört die sorgfältige Literaturrecherche, die Erarbeitung erforderlicher Grundlagen, die eingehende Analyse der Problematik, die Entwicklung von Lösungsansätzen unter Berücksichtigung möglicher Alternativen, die Ausarbeitung der Lösung und die ausführliche, schriftliche wissenschaftliche Darstellung.
2. In Vorbereitung der Masterprüfung erarbeiten die Studierenden einen Kolloquiums-Vortrag, welcher die wesentlichen Aspekte der während der Masterarbeitsphase geleisteten Forschungs- und Entwicklungsarbeit darstellt. Weiterhin bereiten sich die Studierenden auf die mündliche Masterprüfung vor.

## Masterarbeit

Pflichtliteratur

Literaturempfehlungen