

Bachelorstudium Photonics

# Modulübersicht

# Modulübersicht Bachelorstudium Photonics

Bildverarbeitung 1.....	3
Bildverarbeitung 2.....	4
Elektronik 1.....	5
Elektronik 2.....	6
Elektronik 3.....	7
Informatik 1.....	8
Informatik 2.....	9
Informatik 3.....	10
Innovation.....	11
Konstruktion PHO.....	12
Labor 1.....	13
Labor 2.....	14
Labor 3.....	15
Lasertechnik 1.....	16
Mathematik 1.....	17
Mathematik 2.....	18
Mathematik 3.....	19
Optische Messtechnik 1.....	20
Optische Sensortechnik.....	21
Optische Simulation.....	22
Optoelektronik.....	23
Photonics Grundlagen 1.....	24
Photonics Grundlagen 2.....	25
Physik 1.....	26
Physik 2.....	27
Physik 3 PHO.....	28
Praxisprojekt.....	29
Produktentwicklung.....	30
Projektmanagement und Nachhaltige Entwicklung.....	31

Regelungstechnik.....	32
Signalverarbeitung .....	33
Bachelorthesis Photonics .....	34
3D-Bildverarbeitung.....	35
Unternehmerisches Denken und Handeln .....	36
Bildverarbeitung 3.....	37
Echtzeit Betriebssysteme .....	38
FPGA Design.....	39
Künstliche Intelligenz.....	40
Mathematik & Physik 4.....	42
Mathematik & Physik 5.....	43
Mobile Kommunikationsnetze .....	44
Moderne Photonics Konzepte.....	45
Optik Design .....	46
Optische Messtechnik 2.....	47
Projektarbeit Bildverarbeitung.....	48
Projektarbeit Optoelektronik.....	49
Projektarbeit Prototyping .....	50
Prototyping .....	51
Schaltungsdesign.....	52
Software Engineering.....	53

# Pflichtmodule

## Bildverarbeitung 1

### Leitidee

Heute spielen in zunehmendem Masse zwei- oder mehrdimensionale Bildaufnahmeverfahren eine Rolle, bei der die gewonnenen Bilder ausgewertet und interpretiert werden. Wir erarbeiten Grundkenntnisse und -fertigkeiten zur Erzeugung und Auswertung von digitalen Bildern bzw. Bilddatensätzen. Mittels Experiment, Messung, mathematischer bzw. algorithmischer Beschreibung, und zugrundeliegender theoretischer Modelle werden die zur Verfügung stehenden Komponenten (wie z.B. Objektive, Detektoren, digitale Bildrepräsentationen, Softwareimplementierungen, etc.) untersucht und beschrieben. Gleichzeitig lernen wir erste Bildverarbeitungsalgorithmen kennen, und setzen diese zur Lösung von Bildverarbeitungsproblemen ein. Wir betrachten kritisch das Zusammenspiel der Komponenten und deren Einfluss auf die Bildauswertung.

### Typ

Pflichtmodul

### Umfang

4 ECTS-Punkte

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage,

- die Grundzüge der industriellen Bildverarbeitung zu erklären.
- die Glieder der Bildverarbeitungskette und deren Einfluss auf die Bildverarbeitung darzustellen.
- wichtige Vertreter von Bildverarbeitungshardware (Kameratypen, Beleuchtungstypen, Objektivtypen) sowie deren Schnittstellen zu benennen, und einzelnen Spezifikation zu messen.
- wichtige Kenngrößen von Bildverarbeitungshardware (Sensitivität, Rauschen, Bildfeld, etc.) zu erläutern und hinsichtlich ihres Einflusses einzuordnen.
- die Anforderungen an die Bildverarbeitungshardware (Kamera, Optik, Beleuchtung) zu erläutern und dies beim Entwurf einer Bildverarbeitungslösung zu berücksichtigen.
- aus den typischen Beleuchtungs- und Detektionsgeometrien eine geeignete Auswahl für ein Bildverarbeitungsproblem zu identifizieren.
- einfache Bildtransformationen zu implementieren und damit Bilder zu analysieren.
- erste Prüfwerkzeuge der digitalen Bildverarbeitung zur Bildauswertung anzuwenden.
- einfache Bildverarbeitungsaufgaben zu implementieren.

# Bildverarbeitung 2

## Leitidee

Fortgeschrittene Bildverarbeitung: Analyse von Bildverarbeitungs-komponenten, Bildtransformationen und Auswertung von digitalen Bildern

## Typ

Pflichtmodul Photonics / Wahlpflichtmodul Mobile Robotics

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage,

- Bilder zwischen verschiedenen Farbräumen zu konvertieren, und Objekte anhand von Farbmerkmalen in Bildern zu separieren.
- das Zusammenspiel der einzelnen Glieder der Bildverarbeitungskette zu erklären.
- das Frontend von einfachen bildgebenden Systemen zu analysieren, und einzelne Komponenten bzw. deren Einfluss auf das Bild zu modellieren.
- einfache Konzepte von Maschinellern zu erläutern, und auf Probleme in der Bildverarbeitung anzuwenden.
- zur Objektanalyse geeignete morphologische Operationen auszuwählen und damit Bildregionen zu analysieren.
- fortschrittliche Bildtransformationen anzuwenden.
- die Verfahren der Blob-Analyse, Muster- und Zeichenerkennung durchzuführen und auf Probleme der Bildverarbeitung zu übertragen.
- *principal component analysis* (PCA) zur Bestimmung von Objektmerkmalen anzuwenden.
- die bei der Komponentenauswahl wichtigen Kenngrößen von Bildverarbeitungshardware (Sensitivität, Rauschen, Bildfeld, etc.) aufzuzählen, und Verfahren zu deren Bestimmung anzuwenden.
- Beleuchtungsmodifikationen (z.B. Streifenlicht) und Verfahren zur Kontrasterhöhung (z.B. Spektral, Polarisation) zu implementieren und anzuwenden.
- einfache Bildverzeichnungen zu korrigieren.

# Elektronik 1

## Leitidee

Die Studierenden erhalten die Grundlagen der Elektronik und Elektrotechnik, die sie brauchen, um elektronische Schaltungen lesen und verstehen, konzeptionieren, auslegen und implementieren zu können.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden

- Kennen die Begriffe Spannung, Strom, Leistung und Widerstand und können sie beim Lesen und Verstehen von Schaltungen sinnvoll in der Analyse beschreiben
- Beherrschen die Kirchhoff'schen Regeln und können mit Ihnen schaltungstechnische Aufgabenstellungen lösen
- Kennen die Bauteile Widerstand, Kondensator und Induktivität und können zugehörige Datenblätter interpretieren.
- Kennen die grundlegenden Eigenschaften von Halbleitern
- Verstehen die Funktion der Diode und können sie einsetzen
- Kennen den Transistor und seine Grundsaltungen

# Elektronik 2

## Leitidee

Die Studierenden erhalten erweiterte Grundlagen der Elektronik und Elektrotechnik, die sie brauchen, um elektronische Schaltungen lesen und verstehen, konzeptionieren, auslegen und implementieren zu können.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden

- Kennen die grundlegenden logischen Funktionen in Form elektronischer Schaltungen
- Kennen die logischen Pegel und ihre Herausforderungen
- Verstehen sinusförmige Wechselspannungen und können damit komplex rechnen
- Wissen um die Bedeutung von Sinussignalen in linearen Systemen
- Können passive Zwei- und Vierpole berechnen und Betrachtungen in der Frequenzdomäne anstellen
- Verstehen die Grundsaltungen der Transistorverstärker und ihre Eigenschaften, auch mit Feedback und PWM-Verstärker
- Können Bauteile für den Schaltungsaufbau evaluieren, auch anhand von Datenblättern
- Kennen die möglichen Fehler von Schaltungen, Rauschen, Drift, Verzerrung etc.
- Können passive Filter entwerfen und auslegen
- Kennen die Grundlagen der Signalintegrität

# Elektronik 3

## Leitidee

Aufbauend auf die ersten zwei Semester stehen im letzten Teil praktisch relevante Schaltungen im Fokus. Ihr Einsatz, Aufbau, Entwurf und die Auslegung komplettieren die Grundausbildung im Bereich Elektronik.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden

- Kennen eine Auswahl der im Bereich Photonics relevanten und praktisch eingesetzten elektronischen Konzepte
- Können anhand einer Aufgabenstellung geeignete Schaltungen aussuchen, evaluieren, auslegen und implementieren
- Können die nötigen Bauteile evaluieren



# Informatik 1

## Leitidee

Die Grundlage des Programmierens besteht neben dem Basiswissen der Informatik aus dem fundierten Erlernen einer Programmiersprache. Die Programmiersprache C gehört weltweit immer noch zu den meist eingesetzten Sprachen. Dies vor allem beim Programmieren von embedded Systemen. Die Studierenden erwerben in diesem Modul die Fähigkeit Programme in der Sprache C zu entwickeln. Dies ist die Grundlage um später Mikrocontroller programmieren zu können.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme am Kurs erwerben die Studierenden die folgenden Kenntnisse und sind in der Lage:

- Programme in der Programmiersprache C zu schreiben und zu kompilieren.
- Einfache Algorithmen zu entwickeln und mit Flussdiagrammen darstellen.
- Zusatzbibliotheken wo nötig einsetzen.
- Ein Flussdiagramm aus einem C Programm zu erstellen.
- Binärzahlen und Hexadezimalzahlen anzuwenden und umzurechnen.
- C-Programme so zu schreiben, dass sie sauber strukturiert und kommentiert sind.

# Informatik 2

## Leitidee

Durch ihren niedrigen Preis und der hohen Performance werden in sehr vielen elektronischen Schaltungen Mikrocontroller eingesetzt. Die Studierenden erwerben in diesem Modul die Fähigkeit verschiedene Mikrocontroller und deren Peripherien mit der Programmiersprache C «hardwarenah» (embedded) zu programmieren.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme am Kurs erwerben die Studierenden die folgenden Kenntnisse und sind in der Lage:

- Mikrocontroller mit der Programmiersprache C zu programmieren.
- Einen geeigneten Mikrocontroller anhand des Datenblatts für eine Applikation zu evaluieren.
- Die Peripherien (ADC, Schnittstellen, Timer u.s.w.) eines Mikrocontrollers richtig zu konfigurieren und zu programmieren.
- Eine geeignete Schnittstelle für die Kommunikation mit anderen Bauelementen zu evaluieren und zu programmieren.

# Informatik 3

## Leitidee

Während Informatik 1+2 sich mit den Grundlagen der Informatik und der C-Programmierung beschäftigt, liegt der Fokus von Informatik 3 auf objektorientierter Programmierung in C++.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden...

- haben Grundwissen aus den Fachgebieten der Informatik und Embedded-Softwareentwicklung in C++ und können dieses anwenden, vor allem aus den Bereichen Objektorientierung, UML, String-Verarbeitung und Standard-Containern.
- können sich selbstständig weiteres Wissen aus den Bereichen Informatik und Softwareentwicklung erarbeiten.
- können Sourcecode lesen und mit eigenen Worten beschreiben, wie das Programm abläuft.
- können Sourcecode auf mögliche Fehler überprüfen (sprachlicher, aber auch funktionaler Natur).
- können zu einer gegebenen Problemstellung selbstständig ein Stück Software in C++ entwickeln.
- sind geübt in der Nutzung heute üblicher Softwareentwicklungstools.

# Innovation

## Leitidee

Der Kurs Innovationsmanagement zeigt auf, warum Unternehmen innovieren, wie Innovation organisiert und entlang eines Prozesses umgesetzt werden. Dabei werden verschiedene Prozesse mit den entsprechenden Voraussetzungen bzw. Vor- und Nachteilen diskutiert.

Der Kurs Design Thinking vermittelt die Design Thinking Methodologie und Tools anhand eines Fallbeispiels.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage

- die wichtigsten Begrifflichkeiten, Aufgaben und Prozesse des Innovationsmanagements zu benennen
- Modelle und Prozesse in Gruppen anhand eines frei zu bestimmenden Unternehmens anzuwenden
- die Bedeutung von Design Thinking zu erklären und den Prozess und die wichtigsten Tools zu beschreiben

# Konstruktion PHO

## Leitidee

- Grundlagen der Konstruktion / Technischen Zeichnungen und Einführung in 3D-CAD (Solid Works)
- Einführung und Grundlagen der Technische Mechanik mit Statik und Festigkeitslehre

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

### Teil Technisches Zeichnen:

- die Grundlagen des 3D-CAD Konstruierens zu kennen
- SolidWorks zu bedienen und eigene Bauteile zu konstruieren
- die Anforderungen an die Konstruktion von Kunststoffbauteilen zu kennen und können dies im SolidWorks anzuwenden
- technische Zeichnungen zu erstellen und zu lesen
- Bemessung und Toleranzen richtig anzuwenden
- Dichtungen, Sicherungen und Verbindungstechniken zu kennen
- verschiedene Herstellverfahren zu kennen und zu unterscheiden
- Normen, Materialien, Kühlmöglichkeiten und Schnittstellen zu weiteren Komponenten bei der Konstruktion von optoelektronischen Produkten und dem Einsatz von Optiken und Mobilien Robotern zu kennen
- Baugruppen auf dem 3D-Drucker herzustellen und weitere Herstellverfahren für Prototypen zu kennen
- die typischen Mess- und Prüfgeräte in einem Prüflabor zu kennen

### Teil Technische Mechanik (Statik):

- Kräfte und Drehmomente und die Resultierenden zu berechnen
- starre Körper freizuschneiden und die Lagerkräfte zu berechnen
- Kräfte in idealen ebenen Fachwerken zu berechnen
- Spannungen und Dehnungen in homogenen Körpern zu berechnen
- Einfache Beanspruchungen in starren Körpern zu berechnen
- Festigkeitsanalysen von einfachen Körpern durchzuführen

# Labor 1

## Leitidee

Praktische Erfahrung an Geräten aus unterschiedlichen Photonics-Bereichen

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- einfache Experimente zu planen und durchzuführen
- elektrotechnische Versuche zu planen und durchzuführen
- verschiedene Anwendungen und Applikationen aus verschiedenen Photonics-Gebieten zu nennen und zu unterscheiden
- die wichtigsten optoelektronischen Sensortechnologien zu beschreiben und zu vergleichen
- verschiedene Möglichkeiten der 3D-Messungen zu nennen
- die Herausforderungen einer Interferometrie-Messung zu nennen und erläutern, wie man ein Hologramm aufnimmt
- das Beleuchtungslabor und die wichtigsten Messmöglichkeiten der FH Graubünden zu beschreiben und einfache Messungen durchzuführen
- einen einfachen Glasfaserversuch durchführen
- ein Spektrum aufnehmen und interpretieren
- abzuschätzen, was bei einer Fehlerrechnung einen Einfluss hat und wie der Einfluss im Experiment aussieht
- Multimeter und einfache Oszilloskope zu bedienen

## Labor 2

### Leitidee

Praktische Erfahrung an Geräten aus unterschiedlichen Photonics-Bereichen und Einführung Altium Designer

### Typ

Pflichtmodul

### Umfang

4 ECTS-Punkte

### Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- eigene Experimente zu planen und durchzuführen
- elektrotechnische Versuche zu planen und durchzuführen
- konventionelle und SMD Bauteile zu löten
- mit einer 2D-Kamera erste Bildverarbeitungen zu erarbeiten
- den Begriff Dynamic Range zu beschreiben und ihn bei TOF Kameras anzuwenden
- einen Laser grob zu charakterisieren
- das Beleuchtungslabor und weitere Messmöglichkeiten der FH Graubünden zu beschreiben und Messungen durchzuführen
- einen eigenen Sender zu bauen
- die Einsatzmöglichkeiten einer Hyperspektralkamera zu beschreiben
- bei einfachen optoelektronischen Sensoren Fehleranalysen durchzuführen
- einen Matrixcode-Leser in Betrieb zu nehmen und eigene Codes zu generieren
- Aufnahmen mit einer Highspeed-Kamera zu erstellen und das Phänomen Motion Blur zu beschreiben
- das Layout Programm Altium Designer einzusetzen

## Labor 3

### **Leitidee**

Schaltungsdesign und Inbetriebnahme einer eigenen Schaltung

### **Typ**

Pflichtmodul

### **Umfang**

4 ECTS-Punkte

### **Lernergebnisse**

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- eine eigene einfachere elektronische Schaltung anhand einer Spezifikation zu designen
- die WEBENCH von Texas Instruments anzuwenden
- ein Schema einer Schaltung zu zeichnen
- Teile der Schaltung zu simulieren und die Resultate zu interpretieren
- ein PCB Layout einer Schaltung zu erstellen
- ein anderes Design zu reviewen
- das Layout Programm Altium Designer einzusetzen um PCB's zu designen
- neue Bauteile im Programm Altium Designer zu erstellen und einzubinden
- die PCB Daten bestellbereit aufzuarbeiten
- eine Bill-Of-Material (BOM) zu erstellen und die nötigen Teile zu bestellen
- die Herstellung einer Leiterplatte zu erklären
- ein PCB zu bestücken und in Betrieb zu nehmen
- Schaltungsblöcke messtechnisch zu verifizieren
- Verbesserungen der eigenen Schaltung zu identifizieren



# Lasertechnik 1

## Leitidee

Laserlichtquellen gehören zu den fundamentalen Werkzeugen der Photonik. In diesem Modul lernen die Studierenden die Grundlagen der Lasertechnik kennen. Dieses Wissen bildet die Basis für nachfolgende Module, beispielsweise für die Lasertechnik 2.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul erwerben die Studierenden die folgenden Fähigkeiten und sind in der Lage:

- Name, Aufbau und Eigenschaften des Lasers zu erklären.
- die Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit atomaren Systemen aufzuzeigen.
- Aufbau und Eigenschaften von Resonatoren zu beurteilen.
- Gauss-Strahlen und ihre Eigenschaften darzustellen.
- Beugung und Modenselektion zu erklären.
- Laserstrahlen bezüglich ihrer Eigenschaften zu analysieren.
- Lasertypen zu kategorisieren und den Aufbau typischer Laser zusammenzufassen.

# Mathematik 1

## Leitidee

Erste Grundlagen der Analysis & linearen Algebra

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden

- kennen das Konzept der Mengen, inklusive der Mengenoperationen und beherrschen die darauf basierende, mathematische Notation.
- kennen den Begriff der Funktion und können diesen zur Modellierung von Zusammenhängen anwenden.
- können das Verhalten von einfachen Folgen und Reihen beurteilen und diskrete sowie kontinuierliche Grenzwerte berechnen.
- beherrschen die Grundlagen der Differentialrechnung und können diese anwenden.
- verstehen das Konzept des Integrals und können Polynome integrieren.
- können die Eigenschaften einer Funktion (lokale und globale Extrema sowie Wendepunkte) bestimmen und beurteilen sowie Polynome mit gegebenen Eigenschaften (Vandermonde) bestimmen.
- können mit Hilfe des Gauss-Verfahrens & Gauss-Jordan-Verfahrens Rang, Defekt und Lösungsmenge eines linearen Gleichungssystems bestimmen.
- können die Grundoperationen auf Vektoren anwenden und verstehen deren geometrische Wirkung.
- können mit Hilfe des Gram-Riemann-Skalar-Produkts Längen und Winkel berechnen und einen Vektor orthogonal auf einen anderen projizieren.
- können mit Hilfe des Grassmann-Vektor-Produkts Flächen und Volumen berechnen.
- können mit Hilfe der Vektoralgebra Geraden & Ebenen beschreiben und geometrische Fragen beantworten.
- beherrschen die grundlegende Syntax von Python und können sämtliche, numerischen Berechnungen und Visualisierungen des Moduls mit Hilfe von Python durchführen und dokumentieren.

# Mathematik 2

## Leitidee

Grundlagen der Ingenieursmathematik

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden

- können Integrale aufstellen und berechnen, um praktische Problemstellungen aus Alltag und Technik zu lösen.
- können Funktionen in mehreren Variablen und Vektorfelder anwenden, um Situationen aus Alltag und Technik zu modellieren.
- können Linien-, Fluss-, Flächen- und Volumenintegrale berechnen.
- kennen die Integralsätze von Gauss & Stokes und können diese anwenden.
- können partielle Integration & Substitution zu Berechnung von Integralen anwenden.
- können Taylor-Entwicklungen von Funktionen berechnen, interpretieren und anwenden.
- beherrschen die Algebra der komplexen Zahlen und können diese in arithmetischer, trigonometrischer und mit Hilfe der Euler-Formel auch in exponentieller Form darstellen.
- können alle Lösungen einer Potenzgleichung in den komplexen Zahlen bestimmen.
- kennen die elementaren Matrix-Operationen und können diese anwenden.
- können lineare Abbildungen durch Matrizen ausdrücken und ihre Eigenschaften anhand der Matrix-Eigenschaften beurteilen.
- kennen die Vektorraum-Struktur und können diese auf verschiedene Räume anwenden.
- können mit Hilfe von Skalar-Produkten Längen, Flächen, Volumen, allgemeine Masse und Winkel berechnen sowie einen Vektor orthogonal auf einen anderen projizieren.
- können einen Basiswechsel durchführen und dabei Vektor- und Matrixkomponenten transformieren.
- kennen die wichtigsten Invarianten bei Basiswechseln.
- können lineare Abbildungen bzw. Matrizen diagonalisieren.
- beherrschen die grundlegende Syntax von Python und können sämtliche, numerischen Berechnungen und Visualisierungen des Moduls mit Hilfe von Python durchführen und dokumentieren.

# Mathematik 3

## Leitidee

Mathematische Grundlagen für Optik und Elektronik

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden

- können Differentialgleichungen 1. und 2. Ordnung klassifizieren, diskutieren, visualisieren und soweit möglich, analytisch lösen.
- kennen die wichtigsten Eigenschaften von Fourier-Reihen, Fourier-Transformationen und Laplace-Transformationen.
- können Signale als Zeitfunktionen, Fourier-Transformierte und Laplace-Transformierte darstellen und in jeder Darstellung interpretieren.
- kennen die algebraischen und geometrischen Eigenschaften des Lorentz-Minkowski-Raums und können diese anwenden.
- beherrschen die grundlegende Syntax von Python und können sämtliche, numerischen Berechnungen und Visualisierungen des Moduls mit Hilfe von Python durchführen und dokumentieren.

# Optische Messtechnik 1

## Leitidee

Die Optische Messtechnik umfasst eine Vielzahl von optischen Verfahren, die sich beispielsweise zur Charakterisierung von Materialien oder Licht eignen. Den Studierenden werden die Grundkenntnisse vermittelt, so dass in nachfolgenden Modulen wie «Optische Messtechnik 2» oder «Optische Sensortechnik» konkrete Anwendungen aus Wissenschaft und Industrie untersucht werden können.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul erwerben die Studierenden die folgenden Fähigkeiten und sind in der Lage:

- allgemeine Grundkonzepte der Messtechnik (wie z.B. die lineare Regression) anzuwenden.
- Interferometrie und Spektroskopie (als Arbeitspferde der optischen Messtechnik) auf bisher unbekannte Anwendungssituationen übertragen.
- optische Messkonzepte zur Charakterisierung von Materialien (wie z.B. Ellipsometrie) zu erklären.
- optische Messkonzepte zur Charakterisierung von Licht (z.B. Strahlprofilmessung) zu nutzen.

# Optische Sensortechnik

## **Leitidee**

Zusammenführen aller optoelektronischen Grundlagen zu einem kompletten optoelektronischen System.

## **Typ**

Pflichtmodul

## **Umfang**

4 ECTS-Punkte

## **Lernergebnisse**

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- die verschiedenen Sensorprinzipien zu kennen
- einfache optoelektronische Systeme zu erklären
- einfache optoelektronische Systeme zu berechnen
- die Zusammenhänge der Komponenten eines optoelektronischen Systems zu verstehen

# Optische Simulation

## Leitidee

Einfache optische Anwendungen sollen anhand von numerischen Methoden (Raytracing) nachgebildet und verstanden werden. Diese umfassen Linsenabbildungen, Linsenfehler, einfache optische Konfigurationen und Lichtstreuung.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

- Die Studierenden können mittels Raytracing einfache optische Systeme simulieren und analysieren
- Die Studierenden kennen die Abbildungsfehler von Linsen und können diese anhand von Simulationen deuten.
- Die Studierenden können Lichtstreuung an optischen Bauteilen simulieren.

# Optoelektronik

## Leitidee

Anhand eines fortlaufend benutzten Folienskripts lernen die Studierenden zunächst verschiedene optoelektronische Bauelemente und Funktionalitäten kennen. Dieses Wissen bildet die Basis für die Analyse optoelektronischer Systeme und damit verbundener Herausforderungen. Dies geschieht anwendungsnah und mit vielen Beispielen, z.B.:

- Wie funktioniert eine LED?
- Wie funktioniert eine Wärmebildkamera?
- Welche Komponenten sind nötig, um eine Lichtschranke zu realisieren?

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden haben die Inhalte zu den folgenden Themengebieten verstanden, sie können die Sachverhalte in ihren eigenen Worten wiedergeben und auf neuen Anwendungssituationen übertragen:

- Optoelektronische Sender (Laserdioden)
- Optoelektronische Detektoren (Typen; Eigenschaften von Photodioden; Multipixeldetektoren und Bildsensoren)
- Optische Komponenten (Graufilter; AR Schichten und Bandpass/Bandstopfilter; Fenster und Strahlteiler; Beugungsgitter; Polarisatoren; LCD Display; Wellenplatten; Polarisationsprismen; Photonische Kristalle)
- Lichtleitung (Linsen; Spiegel; Faser)
- Optoelektronische Systeme (Lichtschranke; Laser-basierte Gassensoren; Weitere Beispiele) Herausforderungen und Betriebskonzepte (Systeme mit Wellenlängendurchstimmung; Drift und Accelerated Aging; Photodioden; Fremdlicht; Elektromagnetische Störung)



# Photonics Grundlagen 1

## Leitidee

Anhand eines fortlaufend benutzten Folienskripts erlernen die Studierenden die Grundlagen vom Wesen des Lichtes, der geometrischen Optik, und der Wellenoptik. Dies geschieht anwendungsnah und mit vielen Beispielen, z.B.:

- Wie lange benötigt ein Funksignal bis zum Mond?
- Wie entsteht ein Regenbogen?
- Wie funktionieren optische Instrumente wie eine Brille oder das James Webb Weltraumteleskop?

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden haben die Inhalte zu den folgenden Themengebieten verstanden, sie können die Sachverhalte in ihren eigenen Worten wiedergeben und auf neue Anwendungssituationen übertragen:

- Wesen von Licht (Licht, Strahlung und Wellen; Das elektromagnetische Spektrum; Teilbereiche der Optik)
- Geometrische Optik (Grundlagen: Reflexion, Brechungsindex, Brechungsgesetz und Totalreflexion; Wellenlängenabhängiger Brechungsindex; Linsen und Abbildungen; Optische Instrumente; Spiegel mit gekrümmten Oberflächen)
- Wellenoptik (Wellentypen; Seilwellen; Grundlagen der Wellenoptik; Phasenverschiebung und Interferenz; Reflexion und Phasensprung)

# Photonics Grundlagen 2

## Leitidee

Anhand eines fortlaufend benutzten Folienskripts erlernen die Studierenden die Grundlagen der elektromagnetischen Optik, der Quantenoptik und vom Licht im Medium. Dies geschieht anwendungsnahe und mit vielen Beispielen, z.B.:

- Wie funktionieren polarisierende Sonnenbrillen?
- Warum ist der Himmel blau?
- Was ist für die Farbaufspaltung im Prisma verantwortlich?

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden haben die Inhalte zu den folgenden Themengebieten verstanden, sie können die Sachverhalte in ihren eigenen Worten wiedergeben und auf neue Anwendungssituationen übertragen:

- Wellenoptik (AR- und HR- Schichten; Beugung)
- Elektromagnetische Optik (Maxwell Gleichungen und Elektromagnetismus; Elektromagnetische Wellen und Triade; Amplitude, Polarisierung und Intensität; Polarisationszustände und Polarisator; Randbedingungen der Maxwell Gleichung, Fabry-Pérot Resonator und Evaneszenz)
- Quantenoptik (Photonen; Bohrsches Atommodell; Licht-Atom Wechselwirkung; Absorptions- und Emissionslinien; Streuung; Lumineszenz)
- Zusammenhang zwischen den Teilgebieten der Optik; Eigenschaften von gepulstem Licht
- Licht im Medium (Reeller Brechungsindex; Fresnelkoeffizienten und Brewsterwinkel; Reflexions- und Transmissionsgrad; Absorption und komplexer Brechungsindex; Dispersion; Materialien im Strahlungsfeld und Resonanzen; Gläser und Metalle)
- Optoelektronische Sender (Temperaturstrahler; Gasentladungslampen; Leuchtstofflampen; Leuchtdioden; Laserdioden)

# Physik 1

## Leitidee

Grundlagen der Mechanik und Strahlenoptik

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden:

- kennen das Konzept von Masseinheiten und können es anwenden.
- kennen die grundlegenden Gesetze der Mechanik und können diese anwenden.
- können ausgewählte mechanische Systeme mit Hilfe der grundlegenden Gesetze der Mechanik berechnen und beurteilen.
- beherrschen die grundlegende Syntax von Python
- beschreiben das Verhalten von Lichtstrahlen beim Auftreffen auf Spiegel und Linsen richtig, und wenden die entsprechenden Gesetze korrekt an.
- erklären die Bildentstehung bei Linsen und Spiegeln im Modell der geometrischen Optik richtig.
- kennen den grundsätzlichen Zweck eines optischen Instrumentes, und
- beschreiben die Funktionsweise von verschiedenen optischen Instrumenten korrekt.

# Physik 2

## Leitidee zu bearbeiten

Grundlagen der Elektrodynamik und Wellenoptik

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse zu bearbeiten

Die Studierenden:

- kennen und verstehen die fundamentalen Ideen und Prinzipien der klassischen physikalischen Feldtheorie.
- kennen und verstehen die grundlegenden Gesetze der Elektrizität (Lorentz-Gleichung, Maxwell-Gleichungen).
- kennen und verstehen das Konzept der Elementarladung und seine physikalischen Konsequenzen.
- können elektromagnetische Systeme mit Hilfe der grundlegenden Gesetze der Elektrizität berechnen und beurteilen.
- beherrschen die grundlegende Syntax von Python.
- beschreiben mechanische Schwingungen und Wellen richtig und bearbeiten entsprechende Problemstellungen korrekt.
- verstehen das Wesen und die grundlegenden Eigenschaften von elektromagnetischen und optischen Wellen.
- beschreiben Interferenz- und Beugungserscheinungen richtig und bearbeiten entsprechende Problemstellungen korrekt.
- verstehen das endliche Auflösungsvermögen optischer Instrumente.

# Physik 3 PHO

## Leitidee

Grundlagen der Physik des Lichts

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden:

- kennen und verstehen die physikalischen Grundlagen und Eigenschaften von elektromagnetischen Wellen.
- kennen die Grundideen der speziellen Relativitätstheorie.
- kennen das Lorentz-Minkowski-Modell von Raum & Zeit und können es auf einfache Situationen anwenden.
- kennen das Transformationsverhalten von elektromagnetischen Feldern und können dieses mit Hilfe von Lorentz-Transformationen berechnen.
- kennen das elektromagnetische Spektrum und können das Strahlungsgesetz von Planck anwenden.
- kennen die Grundbegriffe der Photometrie und können diese anwenden.
- kennen die Prinzipien der Farbenlehre und können diese anwenden.
- kennen und verstehen den Aufbau sowie die wichtigsten Eigenschaften von Atomen und Festkörpern.
- beherrschen die grundlegende Syntax von Python und können sämtliche, numerischen Berechnungen und Visualisierungen des Moduls mit Hilfe von Python durchführen und dokumentieren.

# Praxisprojekt

## Leitidee

- Erstellung von Softwaredesign, Optikdesign und Gehäusekonstruktion (mit 3D-Druckverfahren) für einen Lasertriangulationssensor
- Förderung von kreativem Denken und Eigenverantwortung
- Förderung von praktischen Fähigkeiten und dem Umgang mit Materialien, Fertigung, Experimentieren und Analysieren
- Anwendung der erlernten Grundlagen: Programmieren, Konstruktion, Präsentation der Ergebnisse

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- eine Firmware für einen Sensor in C zu schreiben.
- die Laserklasse für ihren Sensor zu bestimmen.
- Optische Distanzmessung mittels Lasertriangulationsverfahren durchzuführen
- mechanischen Bauteilen zu konstruieren
- eine CAD-Konstruktionsskizze zu erstellen und den Aufbau in CAD-Baugruppen abzubilden
- Prototypen mittels 3D-Druck umzusetzen
- Projekte zu organisieren
- die Funktionsweise ihres Aufbaus zu charakterisieren und zwischen systematischen und statistischen Fehlern zu unterscheiden
- kurze und aussagekräftige Ergebnisdiskussionen durchzuführen

# Produktentwicklung

## Leitidee

- Wie werden erfolgreich Produkte entwickelt
- Einfluss der Produktentwicklung auf die Unternehmensprozesse
- Wie werden Produkte hergestellt und welche Produktionstechniken gibt es
- Wie wird Software getestet und wie funktioniert der Releaseprozess

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- die Zusammenhänge von Produktentwicklung-, Unternehmensstrategie und Geschäftsmodellen zu kennen
- die grundlegenden Schritte des Produktentwicklungsprozesses zu kennen und die unterschiedlichen Modelle / Varianten davon zu unterscheiden
- Risikomanagement-Beurteilungen im Produktentwicklungsprozesses anzuwenden
- den Stage-Gate-Prozess (von R. Cooper) anzuwenden und die Aufgaben in den unterschiedlichen Phasen zu benennen
- die wichtigsten Schritte des Stage-Gate-Prozesses zu erläutern und anzuwenden
- den Einfluss der Produktstruktur auf die Wertschöpfungskette zu verstehen
- eine Produktstruktur zu entwickeln und die Unterschiede zu benennen
- die Zusammenhänge von Durchlaufzeiten, Lieferzeiten und Losgrößen zu verstehen die verschiedenen Lieferantenkonzepte zu unterscheiden und anzuwenden
- unterschiedliche Montage- und Fertigungskonzepte zu vergleichen, die Prozessstabilität zu beurteilen und geeignete Messsysteme zu evaluieren
- den Aufbau und die Verbindungstechniken von Wafer Level Image Sensoren zu erklären
- die Möglichkeiten der Klebetechnologien und deren Vor- und Nachteile zu beurteilen
- die Anforderungen an die Produktionsumgebung für Optoelektronik zu definieren
- die Grundlagen der Qualitätsanforderungen (SixSigma, Traceability, Reparatur...) zu benennen
- geeignete Prüfkonzepte zu entwerfen und deren Einfluss auf die Produktion zu beurteilen
- die Grundlagen und Anforderungen zur Automatisierung der Produktion von Optoelektronik zu kennen
- den Einsatz von Optoelektronik in der Produktion zu beurteilen
- den Software-Release-Prozess zu erklären und Versionkontrollen anzuwenden
- die unterschiedlichen Methoden des Software-Testings zu kennen und zu vergleichen

# Projektmanagement und Nachhaltige Entwicklung

## Leitidee

Die Studierenden sind in der Lage, Projektmanagement bei einfachen technischer Projekte selbstständig anzuwenden und können Methoden und Werkzeuge anhand vieler Praxisbeispiele diskutieren und einsetzen.

Die Studierenden kennen und verstehen die Grundlagen und wichtigsten Konzepte der nachhaltigen Entwicklung.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundlagen des Projektmanagements zu kennen und anzuwenden
- den Problemlösungszyklus und Situationsanalysen anzuwenden
- Ziele zu formulieren, zu priorisieren und zu analysieren
- Projekte zu planen, zu kontrollieren und zu dokumentieren
- Sitzungen und Workshops selbstständig zu organisieren und durchzuführen
- Nachhaltige Entwicklung zu verstehen und die zentralen Treiber und Herausforderungen zu kennen
- die Bedeutung einer effizienten Nutzung von Ressourcen zu verstehen
- den Nachhaltigkeitsbezug von verschiedenen Themen aus dem öffentlichen, beruflichen und privaten Umfeld zu erkennen und kritisch zu beurteilen



# Regelungstechnik

## Leitidee

Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- Lineare, zeitinvariante Systeme im Zeit und Frequenzbereich zu analysieren
- Offene und geschlossene Regelkreise im Frequenzbereich zu analysieren
- Leistungskriterien von Regelsystemen (Robustheit, Übertragungsverhalten) zu formulieren
- Synthese geschlossener Regelkreise durchzuführen
- Regler an realen Strecken zu realisieren
- Einen eigenen Regler auszulegen, aufzubauen und zu analysieren

# Signalverarbeitung

## Leitidee

Die theoretischen und praktischen Grundlagen im Bereich der Systemtheorie und der Signalanalyse sowie die gezielte Veränderung von Signalen sind wesentliche Voraussetzung u.a. für den erfolgreichen Aufbau und Betrieb von Schaltungen, Messapparaturen, und bildverarbeitenden Systemen.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage,

- Signale in verschiedene Basissignale zu zerlegen und ihre Eigenschaften zu analysieren.
- die Eigenschaften von signalverarbeitenden Systemen und die Bedeutung von linearen zeit-invarianten (LTI) Systemen zu diskutieren.
- LTI Systeme und ihre Auswirkung auf Signale in verschiedenen Domänen (Zeit- und Frequenzbereich,  $s$ - bzw.  $z$ -Ebene) zu beschreiben und ihr Systemverhalten graphisch darzustellen.
- die Prinzipien von Filtern und Amplitudenmodulation zu diskutieren, und deren Einfluss auf Signale im Zeit- und Frequenzbereich zu beschreiben.
- Filter zu entwerfen.
- Methoden zur Detektion von verrauschten Signalen anzuwenden.
- den Einfluss von Abtastung, Diskretisierung, und Digitalisierung auf Signale im Zeit- und Frequenzbereich zu analysieren.
- die Grundzüge der Signalverarbeitung auf unbekannte Anwendungssituationen zu übertragen.
- sich Fachwissen aus unterschiedlichen Quellen (Internet, Datenblätter/ Spezifikationen, Fachliteratur) zu beschaffen und zu verwerten.
- Lösungsansätze auszuarbeiten und Problemstellungen zielorientiert zu lösen.
- eigene Stärken im Bereich Signalverarbeitung zu erkennen und zu entfalten.
- alleine und/oder in einer kleinen Gruppe von angehenden Ingenieuren Lösungsvorschläge für ein Signalverarbeitungsproblem zu erarbeiten.

# Bachelorthesis Photonics

## **Leitidee**

Bearbeitung von einem Photonics-Thema / -Problem aus der Praxis

## **Typ**

Pflichtmodul

## **Umfang**

12 ECTS-Punkte

## **Lernergebnisse**

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- ein komplexes Thema aus dem Photonics-Gebiet zu verstehen, zu analysieren und zu interpretieren
- Wissenstransfer zwischen Praxis und Theorie umzusetzen
- konkreter Umsetzungsvorschläge zu erarbeiten
- einen wissenschaftlichen Bericht zu verfassen
- erarbeitete Resultate zu präsentieren und zu verteidigen
- die erlernten Fachkenntnisse und Methoden (aus den vorherigen Semestern) auf eine konkrete Aufgabenstellung anzuwenden
- Projektmanagement anhand eines eigenen Projektes anzuwenden

# Wahlpflichtmodule

## 3D-Bildverarbeitung

### Leitidee

Während in den Modulen Bildverarbeitung 1 und 2 die 2D Bildverarbeitung betrachtet wird, wenden wir uns hier der Bildverarbeitung im Dreidimensionalen zu. Nach einer Einführung in Transformationen und Kameramodelle wenden wir uns der Auswertung von 3D-Daten zu, welche zum Beispiel mit Streifenlicht-, Lidar- und ToF-Kameras aufgenommen wurden, mit dem Ziel, aus dreidimensional erfasste Szenen Merkmale zu extrahieren. worden sein.

### Typ

Wahlpflichtmodul

### Umfang

4 ECTS-Punkte

### Lernergebnisse

Die Studierenden ...

- können sicher mit 2D- und 3D-Transformationen rechnen
- kennen verschiedene Verfahren, um 3D-Daten aufzunehmen sowie deren Vor- und Nachteile
- kennen Kameramodelle und können diese in Berechnungen einsetzen
- kennen verschieden Darstellungsarten für 3D-Daten und Tools um diese zu verarbeiten
- können durch Anwendung verschiedener Algorithmen auf 3D-Daten (PCL, Point Cloud Library), z.B. für die Speicherung, Darstellung, Filterung, Segmentierung, Registrierung und Erkennung von 3D-Daten, Lösungen für 3D-Bildverarbeitungsprobleme entwickeln

# Unternehmerisches Denken und Handeln

## Leitidee

- Grundlegendes (=theoretisch fundiert und praxisorientiert) Verständnis für unternehmerische In- und Umwelten. Begreifen der zentralen Wirkungszusammenhänge eines Unternehmens in einem dynamischen System.
- Erarbeitung einer betriebswirtschaftlichen Methodenkompetenz und
- konstruktiv-kritische Auseinandersetzung mit fallbasierten Problemstellungen aus verschiedenen Perspektiven in Einzel- und Gruppenarbeit.

## Typ

Pflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Primäre Ergebnisse: Die Studierenden sollen

- betriebswirtschaftliche Methodenkompetenz demonstrieren, indem sie unterschiedliche unternehmerische Problemstellungen untersuchen und mit Methodik bearbeiten,
- bedeutende BWL-Konzepte und -Instrumente am Praxisfall einsetzen und begreifen.
- Aufträge termingerecht bearbeiten, einreichen und konstruktiv zu Gruppenarbeiten beitragen,
- Mitverantwortung für den persönlichen Lernerfolg und jenen der Gruppe tragen.

Fachlich: VERSTEHEN

- das St. Galler Managementmodell und seine Elemente als ganzheitlichen und systematischen Ansatz, um komplexe Problemstellungen anzupacken,
- verstehen wie ein Unternehmen im Wirtschaftssystem interagiert und funktioniert,
- was Strategien sind und wie sie entwickelt werden und Organisationen gebildet werden,
- und beschreiben die wichtigsten Leistungs-, Prozess- und Unternehmensarten,
- verstehen, welche Rolle die Unternehmenskultur für die Erreichung von Zielen spielt,
- und unterscheiden die bedeutendsten Organisations- und Kooperationsformen.

ANWENDEN:

- wenden das St. Galler Managementmodell als Analyse- und Entwicklungsraster für die Lösung unternehmerischer Problemstellungen methodisch korrekt an.
- können ausgewählte betriebswirtschaftliche Methoden, Verfahren und Instrumente am konkreten Sachverhalten/Praxisfall strukturiert anwenden

INTERAGIEREN/PROBLEMLÖSEN:

- lösen selbständig und im Team betriebswirtschaftliche Aufgabenstellungen und bringen eigenständige Beiträge in die Gruppe ein.

# Bildverarbeitung 3

## Leitidee

Fortschrittliche Methoden der Bildverarbeitung kommen in vielfältigen Industriebereichen zum Einsatz, wie etwa bei der mehrdimensionalen Bilderfassung wie z.B. beim Objekt-Tracking oder der Tiefenwahrnehmung (3D Szene), aber auch bei der statistischen Bildauswertung, der Verwendung von Maschinenlernverfahren und bei vielfältigen Bildkorrekturen.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage,

- die Grundlagen der mehrdimensionalen Bildverarbeitung zu beschreiben.
- Bewegungen in Bildern zu analysieren, und Verfahren zur Objektverfolgung zu analysieren und anzuwenden.
- Methoden des maschinellen binokularen Sehens anzuwenden, und damit Stereobilder zu analysieren.
- statistische Analysen von Bilddaten durchzuführen.
- Bildauswertemethoden des maschinellen Lernens zu vergleichen und mit diesen Methoden Bilddaten zu analysieren.
- Bildverarbeitungsaufgaben zu planen und Bildverarbeitungssysteme zu entwerfen.

Nach Abschluss des Semesterprojekts sind die Studierenden in der Lage,

- ein *Embedded Vision* Problem innerhalb einer kleinen Gruppe von Ingenieuren zu lösen, die anfallenden Arbeiten zu definieren, und die Aufgaben in verteilten Rollen zu lösen.
- die in den Modulen «Projektmanagement» und «Produktentwicklung» erlernten Methoden zur erfolgreichen Entwicklung einer Kundenlösung unter Verwendung von Projektsteuerungsmassnahmen auf ein Bildverarbeitungsprojekt anzuwenden.
- sich Fachwissen aus unterschiedlichen Quellen (Internet, Geräte- bzw. Softwaredokumentation, Fachbücher und -artikel) zu beschaffen und zu verwerten.
- Lösungsansätze auszuarbeiten und ihre Semesterprojektproblemstellung zielorientiert zu lösen.
- eigene Stärken im Bereich Bildverarbeitung zu erkennen und zu entfalten, und die gewonnenen Erkenntnisse für die spätere Lebens- und Karriereplanung umzusetzen.
- die Lösung eines *Embedded Vision* Bildverarbeitungsproblems dem Kunden zu präsentieren.

# Echtzeit Betriebssysteme

## Leitidee

In den Modulen Informatik 1 und 2 werden einige Projekte direkt auf Mikrocontrollern umgesetzt («bare metal»). Zum Teil ist es aber auch der Fall, dass man als Softwareentwickler Software für ein System entwickelt, welches über ein Betriebssystem verfügt. Wir werfen einen Blick darauf, welche Aufgaben ein Betriebssystem im Allgemeinen hat und wie es diese erfüllt. Wir betrachten auch verschiedene Typen von Betriebssystemen, wie Echtzeitbetriebssysteme oder verteilte Betriebssysteme.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden ...

- kennen verschiedene Betriebssystemarchitekturen und Betriebssysteme und ihre Anwendungsgebiete
- kennen wichtige Betriebssystemaufgaben und wissen wie diese umgesetzt sind
- können systemnahe Software unter FreeRTOS und Linux entwickeln
- können Multi-Thread und Multi-Prozess-Applikationen entwickeln
- können Applikationen mit Inter-Prozess-Kommunikation entwickeln

# FPGA Design

## Leitidee

Bei Rechenintensiven Operationen wie sie in der Bildverarbeitung oder in der Künstlichen Intelligenz vorkommen werden häufig FPGA's eingesetzt. FPGA's werden vor allem in Europa mit der Hardwarebeschreibungssprache VHDL konfiguriert. Die Studierenden lernen in diesem Modul die Hardwarebeschreibungssprache VHDL, die Funktionsweise eines FPGA's und sind somit in der Lage ein FPGA oder einen SoC (System on Chip) zu programmieren.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme am Kurs erwerben die Studierenden die folgenden Kenntnisse und sind in der Lage:

- Ein Hardware Design mit VHDL zu beschreiben.
- Eine Testbench in VHDL für ein Design zu schreiben und das Design zu verifizieren.
- Ein Hardwaredesign für einen gegebenen FPGA zu synthetisieren und zu testen.
- Ein komplettes Projekt für ein FPGA / SoC inklusive Schaltungsbeschreibung in VHDL und Software in C/C++ durchzuführen.



# Künstliche Intelligenz

## Leitidee

Künstliche Intelligenz (KI) finden wir an der Schnittstelle zwischen Programmierung, Statistik und klassischer Disziplinen-spezifischer Expertise. Sie dient primär dazu, aus Daten Wissen abzuleiten, um so Vorhersagen für unbekannte weil neue Daten machen zu können. Neben den Daten selbst sind die zugrundeliegenden (Rechen-)Modelle das zentrale Element der künstlichen Intelligenz.

## Typ

Pflichtmodul Mobile Robotics / Wahlpflichtmodul Photonics

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage,

- Datensätze effizient statistisch zu analysieren und zu visualisieren.
- grosse Datensätze zu beschreiben und zusammenzufassen.
- Modelle und Hyperparameter aufzustellen und zu kontrollieren.
- geeignete Merkmale zur Datenanalyse zu designen.
- Daten mit Hilfe von Support Vector Machines und Bayes'scher Wahrscheinlichkeitsanalyse zu klassifizieren, und mit Linearer Regression Vorhersagemodelle zu entwickeln.
- die wesentlichen Vertreter von *supervised* und *unsupervised learning* zu erklären, und zur Datenanalyse anzuwenden.
- Klassifikationsaufgaben mit Hilfe von *decision trees* und *random forests* durchzuführen.
- die Prinzipien von *deep learning* zur Datenanalyse anzuwenden.

# Lasertechnik 2

## Leitidee

Die in der Lasertechnik 1 erarbeiteten Grundlagen werden in der Lasertechnik 2 vertieft und ergänzt. Die Prinzipien von gepulsten Lasern, Lasermaterialbearbeitung und Fiberlasern sind Gegenstand des Moduls.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden

- kennen die verschiedenen Betriebsarten von Lasersystemen (Dauerstrick, Gepulst, Modengekoppelt)
- kennen die Grundprinzipien von kurzen Laserpulsen und deren spektrale Zusammenhänge
- kennen die Funktionsweise von Wellenleitern
- kennen den Aufbau und die Funktionsweise von optischen Fasern und Fiber-Lasern
- haben praktische Erfahrungen erworben im Bereich Laser-Materialbearbeitung

# Mathematik & Physik 4

## Leitidee

Spezielle Themen der Mathematik & Physik

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden:

- können Funktionale aufstellen und ihre kritischen Punkte bestimmen.
- können dynamische Systeme mit Hilfe des Lagrange-Formalismus beschreiben.
- kennen den Zusammenhang zwischen Symmetrien und Erhaltungssätzen.
- können Extrema von Funktionen und Funktionalen unter Nebenbedingungen bestimmen.
- können ODE-Systeme aufstellen, klassifizieren und lösen.
- kennen den Banach-Fixpunkt-Satz und können Fixpunkt-Iterationen in Python/Numpy implementieren und anwenden.
- können das Newton-Verfahren in Python/Numpy implementieren und anwenden.
- können das Euler- & Runge-Kutta-Verfahren in Python/Numpy implementieren und anwenden.
- können Regressionsgeraden bzw. Regressionspolynome mit Python/Numpy aus gegebenen Daten berechnen.
- kennen und verstehen den Aufbau sowie die wichtigsten Eigenschaften von Atomen und Festkörpern.

# Mathematik & Physik 5

## Leitidee

Spezielle Themen der Mathematik & Physik

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden:

- können PDE 1. und 2. Grades anhand von Kriterien klassifizieren.
- können die Methode der Charakteristiken anwenden, um quasilineare PDE 1. Grades zu diskutieren und zu lösen.
- können lineare PDE 2. Grades durch einen Fourier-Ansatz lösen.
- kennen die Laplace-Gleichung, Wärmeleitungsgleichung und Wellengleichung als Urbeispiele der drei Hauptklassen von linearen PDE 2. Grades.
- kennen die Axiome der Quantenphysik und deren Bedeutung.
- kennen den Zusammenhang zwischen Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte in der Quantenmechanik und können diesen anwenden.
- können die Schrödinger-Gleichung in Situationen in 1D lösen.
- können die Operator-Algebra des quantenmechanischen harmonischen Oszillators berechnen und anwenden.
- können die Energie-Eigenzustände des quantenmechanischen harmonischen Oszillators berechnen.

# Mobile Kommunikationsnetze

## Leitidee

Eine wichtige Fähigkeit mobiler Roboter ist die mobile Kommunikation. Die meisten und wichtigsten Netzwerke sind heute IP-basiert. Im Modul «Mobile Kommunikation 1» legen wir die Grundlagen für IP-Netzwerke und betrachten einige andere Netzwerktechnologien. Im Modul «Mobile Kommunikation 2» vertiefen wir diese Kenntnisse über IP-Netzwerke und weitere wichtige Netzwerktechnologien.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden ...

- kennen die wichtigsten Grundkonzepte von IP Netzwerken und die wichtigsten Funktionalitäten der unterschiedlichen Layer
- können selbstständig IP-Netzwerke konfigurieren
- können Applikationen entwickeln, die Daten über IP-Netzwerke austauschen (Sockets)

# Moderne Photonics Konzepte

## Leitidee

Die Studierenden erhalten in diesem Modul eine Einführung in unterschiedliche spezielle Photonics-Konzepte und –Anwendungsgebiete. In diesem Modul geben diverse Experten aus Industrie und Forschung im Rahmen einer Ringvorlesung Einblicke in den «State-of-the-art» der Photonik.

Einige der Themen werden direkt im Rahmen von Exkursionen bei den Firmen vor Ort vorgestellt und diskutiert. Zudem sollen die Studierenden sich in ein selbstständig gewähltes Photonics-Thema einarbeiten und dieses im Rahmen einer Präsentation vorstellen.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundlagen zu den unter behandelten Themengebieten zu kennen und einen Überblick über mögliche Anwendungen zu haben
- die behandelten Sachverhalte in eigenen Worten wiedergeben und diese auf bisher unbekannte Anwendungssituationen übertragen
- sich in ein eigenes noch unbekanntes Photonics-Gebiet einzuarbeiten, und dieses zu präsentieren

# Optik Design

## Leitidee

Optische Systeme und Anwendungen sollen anhand von numerischen Methoden (Raytracing) nachgebildet und verstanden werden.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

- Die Studierenden können optische Systeme simulieren und analysieren
- Die Studierenden können abbildende optische Systeme wie z.B. Objektive, Teleskope etc. analysieren und optimieren.
- Die Studierenden können optische Umgebungen wie z.B. Beleuchtungsumgebungen simulieren und analysieren.

# Optische Messtechnik 2

## Leitidee

Optische Messtechnik umfasst eine Vielzahl von optischen Verfahren, die sich beispielsweise zur Charakterisierung von Materialien, Licht oder geometrischen Eigenschaften eignen. Die in der Optischen Messtechnik 1 erarbeiteten Grundlagen werden in der Optische Messtechnik 2 vertieft und ergänzt. Hierbei stehen Bildgebende Verfahren, spektroskopische Messungen und die Polarisationsanalyse von Licht im Vordergrund.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden haben die Grundlagen zu den folgenden Themengebieten kennen gelernt und verstanden. Sie können die Sachverhalte in eigenen Worten wiedergeben und diese auf bisher unbekannte Anwendungssituationen übertragen:

- Spektroskopie
- Bildgebende Messungen
- Polarisationsanalyse von Licht



# Projektarbeit Bildverarbeitung

## Leitidee

Die Studierenden können selbstständig (in einer Gruppenarbeit von 2-3 Personen) eine Projektarbeit aus dem Bereich Bildverarbeitung bearbeiten und einen wissenschaftlichen Bericht darüber verfassen sowie die Arbeit präsentieren. Diese Projektarbeit dient als Vorbereitung für die Bachelorthesis.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- ein Projekt von M1 bis M5 (nach dem Stage-Gate-Prozess) durchführen
- in einer Gruppe an einer konkreten Aufgabenstellung zu arbeiten
- die Rollen und Aufgaben im Team zu verteilen und zu koordinieren und Projektmanagement anzuwenden
- ein Produkt zu charakterisieren und die geforderten Nachweise zu erbringen
- eine grobe Patentrecherche durchzuführen
- eine Literaturrecherche durchzuführen und korrekt zu zitieren
- einen wissenschaftlichen Bericht zu verfassen.
- die erreichten Resultate zu präsentieren und eine Live-Demo durchzuführen

# Projektarbeit Optoelektronik

## Leitidee

Die Studierenden können selbstständig (in einer Gruppenarbeit von 2-3 Personen) eine Projektarbeit aus dem Bereich Optoelektronik bearbeiten und einen wissenschaftlichen Bericht darüber verfassen sowie die Arbeit präsentieren. Diese Projektarbeit dient als Vorbereitung für die Bachelorthesis.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- ein Projekt von M1 bis M5 (nach dem Stage-Gate-Prozess) durchführen
- in einer Gruppe an einer konkreten Aufgabenstellung zu arbeiten
- die Rollen und Aufgaben im Team zu verteilen und zu koordinieren und Projektmanagement anzuwenden
- ein Produkt zu charakterisieren und die geforderten Nachweise zu erbringen
- eine grobe Patentrecherche durchzuführen
- eine Literaturrecherche durchzuführen und korrekt zu zitieren
- einen wissenschaftlichen Bericht zu verfassen.
- die erreichten Resultate zu präsentieren und eine Live-Demo durchzuführen

# Projektarbeit Prototyping

## Leitidee

Die Studierenden können selbstständig (in einer Gruppenarbeit von 2-3 Personen) eine Projektarbeit aus dem Bereich Prototyping bearbeiten und einen wissenschaftlichen Bericht darüber verfassen sowie die Arbeit präsentieren. Diese Projektarbeit dient als Vorbereitung für die Bachelorthesis.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage:

- ein Projekt von M1 bis M5 (nach dem Stage-Gate-Prozess) durchführen
- in einer Gruppe an einer konkreten Aufgabenstellung zu arbeiten
- die Rollen und Aufgaben im Team zu verteilen und zu koordinieren und Projektmanagement anzuwenden
- einen Prototyp herzustellen und zu charakterisieren und die geforderten Nachweise zu erbringen
- eine grobe Patentrecherche durchzuführen
- eine Literaturrecherche durchzuführen und korrekt zu zitieren
- einen wissenschaftlichen Bericht zu verfassen.
- die erreichten Resultate zu präsentieren und eine Live-Demo durchzuführen

# Prototyping

## Leitidee

Entwicklung von theoretischen und praktischen Kompetenzen welche für die effiziente Entwicklung von Prototypen erforderlich sind. Anhand von praxisorientierten Beispielen werden die Entwicklungszyklen welche fürs Rapid Prototyping erforderlich sind durchgespielt und reflektiert. Kompetenzen wie CAD-Konstruktion, FEM-Simulation, CNC-Fertigung und 3D-Print sowie Projektmanagement werden dabei vertieft

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

- Die Studierenden können iterativ Entwickeln
- Die Studierenden verfügen über ausgeprägte CAD-Kompetenzen
- Die Studierenden kennen die Grundprinzipien der FEM-Simulation
- Die Studierenden können Teile mittels CNC-Bearbeitung fertigen
- Die Studierenden können die Machbarkeit von Lösungsansätzen abschätzen.
- Die Studierenden verfügen über praktische Fähigkeiten bei der Fertigung eigener Konstruktionsideen.

# Schaltungsdesign

## Leitidee

Dieses Modul soll den Studierenden die Möglichkeit geben ihre Kompetenz bei der Realisierung von elektronischen Schaltungen zu vertiefen.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Nach erfolgreicher Teilnahme am Kurs erwerben die Studierenden die folgenden Kenntnisse und sind in der Lage:

- Eine Schaltungsidee in eine konkrete Schaltung als Schema zu realisieren und dazu ein PCB zu realisieren.
- Eine Schaltung so zu designen, dass keine Bauteile überbeansprucht werden.
- Eine Schaltung so zu layouten, dass eine hohe Signalintegrität und EMV Stabilität gewährleistet ist.
- Ein sinnvolles Speisungskonzept für grösserer Schaltungen zu designen und die entsprechende Schaltung zu realisieren.
- Eine flexible Leiterplatte zu designen.
- Die benötigte Anzahl Lagen einer Leiterplatte abzuschätzen und die GND Flächen sinnvoll darauf zu verteilen.

# Software Engineering

## Leitidee

In den Modulen der Informatik 1-3 werden die Grundlagen der Informatik und Softwareentwicklung vermittelt. Aber um Softwareprodukte entwickeln zu können, bedarf es vieler anderer Kenntnisse und Fähigkeiten, die in diesem Modul vermittelt werden: Vom Projektmanagement von Softwareprojekten über diverse Methoden um die Qualität von Software zu gewährleisten.

## Typ

Wahlpflichtmodul

## Umfang

4 ECTS-Punkte

## Lernergebnisse

Die Studierenden ...

- kennen die unterschiedlichen Ausprägungen von Softwarequalität und kennen jeweils Massnahmen um diese in den unterschiedlichen Phasen der Entwicklung sicherzustellen
- können verschiedene Arten von UML-Diagramme lesen und UML Diagramme dazu nutzen, eigene Systeme zu dokumentieren und zu designen
- kennen die agilen Projektmanagementprinzipien anhand von Scrum
- kennen die unterschiedlichen Ansätze zum Testen von Software
- beherrschen sicher wichtigen Tools der Softwareentwicklung, Case-Tools, Versionskontrollsysteme, usw.