

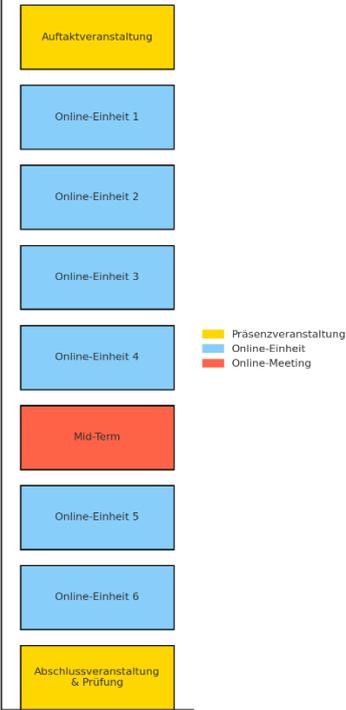


# Robotik

MODUL-GUIDE

TRANSFORMATIONSNETZWERK NORDSCHWARZWALD X AKADEMIE DER  
HOCHSCHULE PFORZHEIM

## Modul – Robotik

<p>Ablaufplan</p>	<p>Das Modul besteht aus zwei Präsenzveranstaltungen, einem Online-Meeting und sechs Online-Einheiten. Gestartet wird mit einer Präsenzveranstaltung, gefolgt von vier Online-Einheiten. Anschließend findet die Mid-Term (Online-Meeting) statt. Nach der Mid-Term folgen nochmals zwei Online-Einheiten. Das Modul schließt mit einer weiteren Präsenzveranstaltung ab.</p> 
<p>Kurzbeschreibung:</p>	<p>Das Modul "Robotik" bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen und Anwendungen der Robotik. Es umfasst sowohl theoretische Konzepte als auch praktische Anwendungen, einschließlich der Programmierung und Steuerung von Robotersystemen.</p>
<p>Fachgebiet:</p>	<p>Technik</p>
<p>Modulverantwortlicher:</p>	<p>Prof. Dr. Norbert Schmitz</p>
<p>Lehrsprache:</p>	<p>Deutsch</p>
<p>ECTS-Punkte:</p>	<p>6</p>
<p>Niveaustufe:</p>	<p>Masterniveau</p>
<p>Workload:</p>	<p>150 Stunden</p> <p>20 Stunden Präsenz/Contact Hours  4 Stunden Videokonferenz  50 Stunden Bearbeitung Onlineeinheiten und Vorlesungen  50 Stunden Vorbereitung und Bearbeitung der Fallstudie und Tests  26 Stunden Klausurvorbereitung</p>
<p>Dauer:</p>	<p>Ein Semester</p>

Teilnahmevoraussetzung:	Grundkenntnisse in Mathematik und Programmierung sind von Vorteil.																									
Lehrform/ Lehr- und Lernkonzept:	Präsenz-Einheiten und Online-Einheiten  Das Modul verfolgt den Ansatz des Blended Learning. Hierfür werden Präsenz- mit Onlinephasen kombiniert, um die Vorteile beider Methoden zu verknüpfen und die Flexibilität für die Teilnehmenden zu erhöhen. Die Lernenden können die Online-Inhalte zeitlich flexibel und in ihrem eigenen Tempo bearbeiten, während in den Präsenzveranstaltungen sowie in der Mid-Term mehr Zeit für die Anwendung des Wissens und die persönliche Interaktion zwischen den Teilnehmenden bleibt.																									
Prüfungsart/Dauer/ Leistungsnachweis:	Der Leistungsnachweis wird durch eine Klausur am Ende des Semesters erbracht (100%).																									
Voraussetzung für die Vergabe von Credits:	Bestehen der Prüfungsleistung																									
Lernziele:	<p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Teilnehmenden in der Lage...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• .. die grundlegenden Konzepte der Robotik zu verstehen und anzuwenden (Auftaktveranstaltung + OE1).</li> <li>• ... Sensoren und Aktoren in Robotersystemen effektiv zu nutzen (OE2 + OE4).</li> <li>• ... Planungsstrategien für Roboter zu verstehen und anzuwenden (OE3).</li> <li>• ... Software für Mobile Roboter zur Lokalisierung und Navigation umsetzen zu können (OE5 + OE6).</li> </ul> <table border="1" data-bbox="555 1218 1386 1711"> <thead> <tr> <th></th> <th>Weitere Lernziele der Veranstaltung</th> <th>Prüfungsmethode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>Schriftliche Prüfung</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Einzelleistung</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nach Abschluss der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage, ...</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>3.</b></td> <td><b>Angewandte Forschungskompetenz</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.1</td> <td>...unterschiedliche Forschungsmethoden zu erläutern. Die Studierenden erlernen den Umgang mit Veröffentlichungen aus dem Bereich der Robotik und deren Aufbereitung als Grundlage für die Wissensgewinnung und konzeptionelle Entwicklung.</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>...relevante Forschungsmethoden kompetent anzuwenden. Die Studierenden erlernen relevante wissenschaftliche Themen vorzubereiten und auf reale Problemstellungen zu übertragen.</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>			Weitere Lernziele der Veranstaltung	Prüfungsmethode			Schriftliche Prüfung			100%			Einzelleistung		Nach Abschluss der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage, ...		<b>3.</b>	<b>Angewandte Forschungskompetenz</b>		3.1	...unterschiedliche Forschungsmethoden zu erläutern. Die Studierenden erlernen den Umgang mit Veröffentlichungen aus dem Bereich der Robotik und deren Aufbereitung als Grundlage für die Wissensgewinnung und konzeptionelle Entwicklung.	X	3.2	...relevante Forschungsmethoden kompetent anzuwenden. Die Studierenden erlernen relevante wissenschaftliche Themen vorzubereiten und auf reale Problemstellungen zu übertragen.	X
	Weitere Lernziele der Veranstaltung	Prüfungsmethode																								
		Schriftliche Prüfung																								
		100%																								
		Einzelleistung																								
	Nach Abschluss der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage, ...																									
<b>3.</b>	<b>Angewandte Forschungskompetenz</b>																									
3.1	...unterschiedliche Forschungsmethoden zu erläutern. Die Studierenden erlernen den Umgang mit Veröffentlichungen aus dem Bereich der Robotik und deren Aufbereitung als Grundlage für die Wissensgewinnung und konzeptionelle Entwicklung.	X																								
3.2	...relevante Forschungsmethoden kompetent anzuwenden. Die Studierenden erlernen relevante wissenschaftliche Themen vorzubereiten und auf reale Problemstellungen zu übertragen.	X																								
Gliederung (Übersicht):	<table border="1" data-bbox="555 1765 1386 2024"> <thead> <tr> <th>Lerneinheit</th> <th>Thema</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Auftaktveranstaltung:</td> <td>Einführung in die Robotik</td> </tr> <tr> <td>Online-Einheit 1:</td> <td>Kinematik und Dynamik von Robotern</td> </tr> <tr> <td>Online-Einheit 2:</td> <td>Sensortechnologien und Aktuatoren</td> </tr> <tr> <td>Online-Einheit 3:</td> <td>Planung in der Robotik</td> </tr> <tr> <td>Online-Einheit 4:</td> <td>Robotervision und Bildverarbeitung</td> </tr> <tr> <td>Mid-Term:</td> <td>Arbeiten mit Robotersimulatoren</td> </tr> </tbody> </table>		Lerneinheit	Thema	Auftaktveranstaltung:	Einführung in die Robotik	Online-Einheit 1:	Kinematik und Dynamik von Robotern	Online-Einheit 2:	Sensortechnologien und Aktuatoren	Online-Einheit 3:	Planung in der Robotik	Online-Einheit 4:	Robotervision und Bildverarbeitung	Mid-Term:	Arbeiten mit Robotersimulatoren										
Lerneinheit	Thema																									
Auftaktveranstaltung:	Einführung in die Robotik																									
Online-Einheit 1:	Kinematik und Dynamik von Robotern																									
Online-Einheit 2:	Sensortechnologien und Aktuatoren																									
Online-Einheit 3:	Planung in der Robotik																									
Online-Einheit 4:	Robotervision und Bildverarbeitung																									
Mid-Term:	Arbeiten mit Robotersimulatoren																									

	Online-Einheit 5:	Implementierung von Algorithmen für Bewegungsplanung
	Online-Einheit 6:	Programmierung von Robotern
	Abschlussveranstaltung:	Einsatz von KI in der Robotik

Inhalt (detaillierter Ablaufplan):	
Lerneinheit	Inhalt & Literaturempfehlungen
Auftaktveranstaltung: Einführung in die Robotik	<p>Die Teilnehmenden erwerben ein grundlegendes Verständnis der Robotik mit Schwerpunkt auf autonomen und intelligenten Systemen. Zu den wichtigsten Themen gehören Wahrnehmung, Lokalisierung, Planung und Manipulation in dynamischen Umgebungen. Es werden verschiedene Robotertypen vorgestellt - von Industriearmen bis hin zu mobilen und humanoiden Robotern -, wobei reale Anwendungsfälle beleuchtet werden. Der Schwerpunkt liegt auf der Integration von Sensoren, KI-Techniken und Software-Design. Moderne Herausforderungen wie SLAM, Bahnplanung und Mensch-Roboter-Interaktion werden diskutiert. Praktische Beispiele veranschaulichen den Einsatz der Robotik in Industrie und Forschung. Ziel ist es, die Teilnehmer in die Lage zu versetzen, Lösungen aus dem Bereich der Robotik zu analysieren, zu entwerfen und anzuwenden. Historische und strategische Aspekte der Robotik ergänzen den technischen Inhalt.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorbereitung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in das Thema und das verwendete Simulationstool</li> <li>- Simulationstool herunterladen, Handbuch lesen</li> </ul> </li> <li>2. Einführung &amp; Begriffsdefinitionen</li> <li>3. Geschichte</li> <li>4. Mobile Robots</li> <li>5. Beispiele</li> <li>6. Spot der Hochschule Pforzheim</li> </ol>
Online-Einheit 1: Kinematik und Dynamik von Robotern	<p>Die Teilnehmenden befassen sich mit den grundlegenden Prinzipien der Roboterbewegung. Die Einheit beginnt mit einer Einführung in Koordinatensysteme und Pose-Darstellungen, bevor sie in den Kern der Kinematik übergeht und sowohl vorwärts- als auch rückwärtsgerichtete Modelle behandelt. Anhand von praktischen Beispielen wie Differentialantriebssystemen lernen die Teilnehmenden, Bewegungsalgorithmen in C zu implementieren und reale Herausforderungen wie Odometriefehler zu verstehen. Dieser strukturierte Ansatz gewährleistet eine solide theoretische Grundlage und betont gleichzeitig die praktischen, anwendungsorientierten Fähigkeiten in der mobilen Robotik.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kinematik von Robotern <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung</li> <li>- Koordinatensysteme</li> <li>- Winkeldarstellungen</li> <li>- Definition</li> <li>- Vorwärts- &amp; Rückwärtskinematik</li> </ul> </li> <li>2. Einführung Simulation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inbetriebnahme des Robotersimulators</li> </ul> </li> <li>3. Simulation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgabe: Inbetriebnahme des Robotersimulators</li> </ul> </li> </ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Literatur: Adaptive Path Following for a Differential Drive Robot with EKF-based Localization</li> <li>- Aufgabe: Differentialantriebe von Robotern, Publikation zusammenfassen</li>   <li>- Fan, X., Reginald, N., &amp; Fidan, B. (2022). Adaptive path following for a differential drive robot with EKF-based localization. <i>IFAC-PapersOnLine</i>, 55(38), 166-171. <a href="https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.01.150">https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.01.150</a></li> </ul>
<p>Online-Einheit 2: Sensortechnologien und Aktuatoren</p>	<p>Die Teilnehmenden erhalten eine Einführung in die wesentlichen Technologien und Methoden moderner Laserscanning-Systeme. Beginnend mit den Prinzipien und Typen von Laserscannern - von 2D-Rotationssystemen bis hin zu hochauflösenden 3D-Scannern - werden deren Aufbau, Funktionsweise und typische Anwendungsbereiche erkundet. Zu den Hauptthemen gehören Effekte der Eigenbewegung, Herausforderungen bei der Datenerfassung und Messtechniken wie Time-of-Flight und Triangulation. Darüber hinaus erhalten die Teilnehmenden Einblicke in die effiziente Datenverarbeitung mit Strukturen wie Quadrees und Octrees und lernen, wie man Punktwolken mit der Point Cloud Library (PCL) verarbeitet. Praktische Herausforderungen wie Segmentierung, Umgebungskartierung und Sensorbegrenzungen werden sowohl aus theoretischer als auch aus angewandter Sicht behandelt.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laserscanner <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung</li> <li>- Funktionsprinzip</li> <li>- Öffnungswinkel</li> <li>- Solid State Laser Scanner</li> <li>- Rotierende 2D Laserscanner</li> <li>- Scandatarstellung</li> <li>- Egomotion</li> <li>- Messverfahren</li> <li>- Problematik</li> <li>- Datenspeicherung &amp; Point Cloud Library</li> <li>- Segmentierung von Objekten</li> <li>- Laserscanner mit Sicherheitsbereich</li> <li>- Kartographierung</li> </ul> </li> <li>2. Simulation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgabe: Simulation des Punktanflugs, um Roboter an eine beliebige Position zu bewegen</li> </ul> </li> <li>3. Solid-State Laserscanner <ul style="list-style-type: none"> <li>- Literatur: Progress Review on Solid-State LiDAR and Nanophotonics-Based LiDAR Sensors</li> <li>- Aufgabe: Zusammenfassung einer Anwendungstechnik</li> </ul> </li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>- N. Li, C. P. Ho, J. Xue, L. W. Lim, G. Chen, Y. H. Fu, L. Y. T. Lee, A Progress Review on Solid-State LiDAR and Nanophotonics-Based LiDAR Sensors. <i>Laser Photonics Rev</i> 2022, 16, 2100511. <a href="https://doi.org/10.1002/lpor.202100511">https://doi.org/10.1002/lpor.202100511</a></li> </ul>
<p>Online-Einheit 3: Planung in der Robotik</p>	<p>Die Teilnehmenden werden in die Grundlagen der Pfadplanung eingeführt - ein entscheidender Aspekt der autonomen Navigation. Sie erkunden die Graphentheorie und lernen, wie man Umgebungen mit Hilfe von Knoten und Kanten modelliert. Darauf aufbauend werden verschiedene Suchstrategien wie die Breiten- und die Tiefensuche erörtert, was zu einem detaillierten Verständnis des A*-Algorithmus führt, einschließlich heuristisch basierter Abstandsberechnungen wie Manhattan- und euklidische Metriken. Praktische Beispiele und Visualisierungen verdeutlichen, wie Roboter in dynamischen und komplexen Umgebungen effizient optimale Pfade finden können.</p>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pfadplanung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung</li> <li>- Graph Structure</li> <li>- Search Algorithms &amp; Strategies</li> <li>- Graph Properties</li> <li>- Graph Storage</li> <li>- Beispiel: Deutsches Autobahnssystem</li> <li>- A* Algorithm</li> <li>- Distance Computation Strategies</li> <li>- A* Beispiele</li> <li>- Literatur: Analysis of Dijkstra’s Algorithm and A* Algorithm in Shortest Path Problem</li> <li>- Aufgabe: Unterschiede Dijkstra Algorithmus &amp; A-Stern Algorithmus beschreiben</li> </ul> </li> <li>2. Simulation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgabe: Sensorik, Anfahrt von Punkten im Raum</li> </ul> </li> </ol> <p>- Rachmawati, D., &amp; Gustin, L. (2020, June). Analysis of Dijkstra’s algorithm and A* algorithm in shortest path problem. In <i>Journal of Physics: Conference Series</i> (Vol. 1566, No. 1, p. 012061). IOP Publishing.  <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1566/1/012061">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1566/1/012061</a></p>
<p>Online-Einheit 4:  Robotervision und  Bildverarbeitung</p>	<p>In diesem Abschnitt des Moduls lernen die Teilnehmenden die verschiedenen Kameratypen kennen, die in der Robotik zur Umgebungswahrnehmung eingesetzt werden. Es wird zwischen Technologien wie Time-of-Flight-, Lichtfeld- und Wärmebildkameras unterschieden. Darüber hinaus werden Bildsensoren, Blenden, Brennweiten und das Konzept von Global vs. Rolling Shutter analysiert. Einen besonderen Schwerpunkt bilden event-basierte Kameras, die neuartige Möglichkeiten für schnelle, latenzarme Bildverarbeitung bieten – ideal für anspruchsvolle Anwendungen wie Robotik, Automotive und AR/VR.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Offene Fragen &amp; Feedback zu bisherigen Inhalten</li> <li>2. Kameras <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung</li> <li>- Time of Flight Kamera</li> <li>- Lichtfeldkamera</li> <li>- Spiegelreflexkamera</li> <li>- Wärmebildkamera</li> <li>- Sensoren</li> <li>- Chipgrößen, Auflösungen &amp; Farben</li> <li>- Frequenzabhängigkeit</li> <li>- Global vs Rolling Shutter</li> <li>- Brennweite und Öffnungswinkel</li> <li>- Event-Based Cameras &amp; Event Camera</li> </ul> </li> <li>3. Event-Based Cameras <ul style="list-style-type: none"> <li>- Literatur: Deep Event-based Object Detection in Autonomous Driving: A Survey</li> <li>- Aufgabe: Zusammenfassung eines Ansatzes &amp; Diskussion der Eignung für Kameratyp</li> </ul> </li> <li>4. Simulation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgabe: Navigation des Roboters, Erweiterung um Graph</li> </ul> </li> </ol> <p>- Zhou, B., &amp; Jiang, J. (2024). Deep Event-based Object Detection in Autonomous Driving: A Survey. <i>arXiv preprint arXiv:2405.03995</i>.  <a href="https://arxiv.org/abs/2405.03995">https://arxiv.org/abs/2405.03995</a></p>
<p>Mid-Term: Arbeiten mit Robotersimulatoren</p>	<p>Der Mid-Term vertieft das Verständnis der Bewegungsplanung im Kontext realer Umgebungen. Dabei werden Konzepte wie topologische vs. metrische Navigation, lokale vs. globale Karten sowie verschiedene Kartierungstechniken wie Konfigurationsräume, Meadow Maps und Generalized Voronoi Graphs behandelt. Ziel ist es, den Studierenden</p>

	<p>einen fundierten Überblick über komplexe Planungsprobleme und deren Lösungsmethoden zu geben – sowohl theoretisch als auch anwendungsorientiert.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorbereitung: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bearbeitung der Aufgaben aus OE1-4</li> <li>- Abgabe aktueller Stand Roboter (mit Quellenangaben)</li> </ul> </li> <li>2. Rückblick/offene Fragen Oe1-4</li> <li>3. Simulation</li> <li>4. Diskussion &amp; Ausblick</li> </ol>
<p>Online-Einheit 5: Implementierung von Algorithmen für Bewegungsplanung</p>	<p>Diese Online-Einheit behandelt die mathematische Modellierung von Roboterarmen mit mehreren Freiheitsgraden. Anhand der Denavit-Hartenberg-Parameter wird erklärt, wie Gelenke und Glieder in einem manipulatorischen System standardisiert beschrieben und analysiert werden können. Die Studierenden erlernen die Transformationen zwischen den Koordinatensystemen und wenden dieses Wissen auf verschiedene Robotertypen wie revolvente, prismatische und sphärische Gelenke an. Praktische Beispiele zeigen, wie komplexe Roboterkinematik vereinfacht und umgesetzt werden kann.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementierung von Algorithmen für Bewegungsplan (Denavit Hartenberg) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung</li> <li>- Freiheitsgrade</li> <li>- Gelenke</li> <li>- Arbeitsbereiche</li> <li>- Denavit Hartenberg</li> <li>- Beispiele: Beispiel mit 2 Gelenken, 3D Beispiel, Beispiel mit spherical Gelenk, Roboterbeispiel</li> <li>- Universal Roboter</li> <li>- Literatur: Human-like Motion of a Humanoid Robot Arm Based on a Closed-Form Solution of the Inverse Kinematics Problem</li> <li>- Aufgabe: Zusammenfassung Zielsetzung Publikation, Fokus DH Notation des Roboterarms</li> </ul> </li> <li>2. Simulation <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgabe: Navigation, Erstellung OPEN und CLOSED Listen</li> </ul> </li> </ol> <p>- Asfour, T., &amp; Dillmann, R. (2003, October). Human-like motion of a humanoid robot arm based on a closed-form solution of the inverse kinematics problem. In <i>Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)</i>(Cat. No. 03CH37453) (Vol. 2, pp. 1407-1412). IEEE.</p>
<p>Online-Einheit 6: Programmierung von Robotern</p>	<p>In diesem Teilmodul geht es um die praktische Umsetzung robotischer Funktionen durch Programmierung. Neben Offline- und Online-Programmierkonzepten lernen die Teilnehmenden den Umgang mit verschiedenen Abstraktionsniveaus kennen. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Robot Operating System (ROS 2), das als Framework für modulare, verteilte Robotersysteme dient. Themen wie Knoten, Topics, Services und Actions sowie deren Verwaltung und Simulation in Gazebo runden die Einführung in moderne Roboterentwicklung ab.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programmierung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung</li> <li>- Roboter-Programmierung</li> <li>- Bewegungsplanung</li> <li>- Hindernisvermeidung</li> <li>- Programmierkonzepte</li> <li>- Abstraktionsgrade</li> <li>- The Robot Operating System (ROS) &amp; ROS 2 Struktur</li> <li>- Roboter Simulator (Gazebo)</li> <li>- Literatur: A Survey of Robot Programming Systems</li> </ul> </li> </ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgabe: Auswahl eines Konzepts und Beschreibung der Vor-/Nachteile</li> <li>2. Simulation</li> <li>- Aufgabe: Optimierung effizientes Punkte-Sammeln</li>   <li>- Biggs, G., &amp; MacDonald, B. (2003, December). A survey of robot programming systems. In <i>Proceedings of the Australasian conference on robotics and automation</i> (Vol. 1, pp. 1-3).  <a href="https://www.researchgate.net/publication/2871424_A_Survey_of_Robot_Programming_Systems">https://www.researchgate.net/publication/2871424_A_Survey_of_Robot_Programming_Systems</a></li> </ul>
Abschlussveranstaltung: Einsatz von KI in der Robotik	<p>In der Abschlussveranstaltung zur Robotik erforschen die Teilnehmenden fortgeschrittene Themen an der Schnittstelle von Sensorik, Kognition und Mensch-Roboter-Interaktion. Die Reise beginnt mit der Sensorfusion mithilfe von Kalman-Filtern und reicht bis zu autonomen Navigationsstrategien, einschließlich SLAM und Geländeanalyse. Die Studierenden analysieren Drohnensysteme, räumliches Gedächtnis und deliberative Verhaltensmodelle, die von der Kognitionswissenschaft inspiriert sind. Das Modul schließt mit einem Schwerpunkt auf menschenzentrierter Robotik, der Interaktionsdesign, Vertrauen und multimodale Kommunikation umfasst und die Teilnehmenden darauf vorbereitet, intelligente, sozial bewusste Robotersysteme für komplexe Umgebungen zu entwickeln.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorbereitung: Bearbeitung der Aufgaben aus OE5-6</li> <li>2. Sensorik und Inertialsysteme</li> <li>3. Lokalisierung und Navigation</li> <li>4. Mensch-Maschine-Interaktion</li> <li>5. Wrap-Up</li> </ol>
Allgemeine Literaturempfehlungen	<p>Empfohlene Literatur (in den jeweils aktuellsten Auflagen):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Siciliano, B., &amp; Khatib, O. (2016). Springer Handbook of Robotics. Springer.</li> <li>2. Craig, J. J. (2005). Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson.</li> </ol>