

# **Modulhandbuch**

**Masterstudiengang**

## **Robotik und Künstliche Intelligenz in der Produktion**

**Version 1**

**Fakultäten**

**Maschinenbau und Mechatronik (MMT)**

**Elektro- und Informationstechnik (EIT)**

**Wirtschaftswissenschaften (W)**

**Hinweis:**

Falls alternative Prüfungsformen (z.B. Klausur oder mündliche Prüfung) vorgesehen sind, wird die Art der Prüfung zu Semesterbeginn durch den Dozenten bekanntgegeben.

## 1. Semester:

<b>Künstliche Intelligenz</b>
<b>Modulübersicht</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM110</b>
Modulverantwortliche(r): <b>Prof. Dr.-Ing. Catherina Burghart</b>
Modulumfang (ECTS): 6 CP, d.h. 60 SWS Präsenzzeit, 120 SWS Selbststudium
Einordnung (Semester): 1. Mastersemester
Inhaltliche Voraussetzungen: -
Voraussetzungen nach SPO: -
Kompetenzen: Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• verstehen die verschiedenen Komponenten und Funktionsweisen eines kognitiven Systems, in dem sie an einem aktuellen technischen Beispiel die notwendigen Aspekte der Kognition analysiert haben, und können diese in den Kontext „Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe“ eines intelligenten Systems einordnen</li><li>• lernen geeignete Daten zu erheben und vorzuverarbeiten, da die Datenerhebung für das Training von Mustererkennungsverfahren sehr umfangreich ist und oft unterschätzt wird. Sie lernen dabei die Größe einer Stichprobe für das Lernen einzuschätzen, Daten zu konsolidieren, die Korrelation von Merkmalen zu bestimmen und geeignete Merkmale zur Mustererkennung auszuwählen</li><li>• können verschiedene Verfahren zur Klassifikation und Mustererkennung sowie maschinelle Lernverfahren für eine gegebene Aufgabe passende Klassifizierungsmethoden auswählen, anwenden und anhand von Kriterien bewerten, um das oder die bestmöglichen Mustererkennungsverfahren zu finden, da sie mehrere Verfahren selbst sowohl mathematisch durchdrungen als auch an Beispielen programmiert / verwendet haben.</li><li>• Kennen Bewertungskriterien für Verfahren der Mustererkennung und haben diese selbst für Beispielaufgaben und verschiedenen KI-Verfahren bestimmt. Auf dieser Basis können die Studierenden entscheiden, welches maschinelle Lernverfahren für eine Problemstellung am geeignetsten ist</li></ul>
Prüfungsvorleistungen: Übungen oder Miniprojekt Prüfungsleistungen: Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min) Prüfungsanmeldung/-abmeldung: RKIM112 Künstliche Intelligenz (PL)

<b>Lehrveranstaltung: Verfahren der künstlichen Intelligenz</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM111</b>
Dozent/in: <b>Prof. Dr.-Ing. Catherina Burghart</b>
Umfang (SWS): 4
Turnus: jährlich
Art/Modus: Vorlesung mit Übung, Labor / Pflichtfach
Lehrsprache: Deutsch oder Englisch
<p>Inhalte:</p> <p>Die Inhalte werden sowohl in der Theorie als auch Praxisnah mit Python im Jupiter Notebook erläutert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick Gegenstand Künstliche Intelligenz</li> <li>• Datengenerierung und Aufbereitung</li> <li>• Typische Klassifikationsverfahren: Entscheidungsbäume, Bayes'sches Klassifikationsverfahren, Neuronale Netze, nearest Neighbour, SVM, Hidden-Markow,...</li> <li>• Klassifikatordesign</li> <li>• Überwachtes- und unüberwachtes Lernen,</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nilsson, N. J.: Introduction to Machine Learning, Stanford University, Stanford, 2005.</li> <li>- Russell S.J.; Norvig P.: Artificial Intelligence. A Modern Approach, 3. Aufl., Pearson, Boston; München, 2010</li> <li>- Bishop C. M.: Pattern Recognition and Machine Learning, 5. Aufl, Springer, New York, 2007</li> <li>- Witten I. H.; Frank E.; Hall M. A.: Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 3. Aufl., Morgan Kaufman, Amsterdam; Heidelberg, 2011.</li> <li>- Mitchell T.: Machine Learning, McGraw Hill, Boston, 1997.</li> <li>- Riolo R.; Vladislavleva E.; Ritchie M. D.; Moore J. H.: Genetic Programming Theory and Practice X, Springer, New York, 2013</li> <li>- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Machine Learning, Springer, 2017</li> <li>- Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G.: Pattern Classification, Wiley, New York; Weinheim, 2001</li> </ul>
Anmerkungen:

## Roboterprogrammierung

### Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: **RKIM120**

Modulverantwortliche(r): **Prof. Dr.-Ing. Björn Hein, Prof. Dr.-Ing. Christian Wurll**

Modulumfang (ECTS): 6

Einordnung (Semester): 1. Semester

Inhaltliche Voraussetzungen:

Grundlagen der Automatisierung und Prozesstechnik

Voraussetzungen nach SPO:

-

Kompetenzen:

Die Studierenden können unterschiedliche Methoden und Konzepte zur Auslegung, Konfiguration und Programmierung von Robotern anwenden, in dem Sie

- einen umfangreichen Überblick über den Aufbau, die Bedienung und Programmierung von Industrie-Robotern erhalten
- die Programmierung anhand von Praxisbeispielen erlernen,
- die Anwendung neuer automatisierter Online-Programmierverfahren erlernen,
- die Integration von Sensoren und die Ansteuerung von Aktoren in Praxisbeispielen kennenlernen und selbst umsetzen,

um später im Berufsleben Roboterapplikationen mit Sensorunterstützung konzipieren und bewerten zu können.

Prüfungsleistungen:

Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min) und Projektarbeit

Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

RKIM 123 Roboterprogrammierung (PL)

### Lehrveranstaltung: Roboterprogrammierung

EDV-Bezeichnung: **RKIM121**

Dozent/in: **Prof. Dr.-Ing. Björn Hein , Prof. Dr.-Ing. Christian Wurll**

Umfang (SWS): 4

Turnus: jährlich

Art/Modus: Vorlesung, Labor / Pflichtfach

Lehrsprache: Deutsch oder Englisch

Inhalte:

Die Lehrinhalte werden anhand von vier Roboterschulungszellen der KUKA AG praxisnah vermittelt. Es steht hierfür ein ausgearbeitetes Arbeitsskript zur Verfügung. Es basiert auf den Schulungsunterlagen des KUKA Trainingszentrums und wurde speziell für das Industrieroboter-Labor angepasst. Es umfasst u.a. folgende Lehrinhalte:

- Aufbau von Robotersystemen

- Roboterbedienung und Sicherheit
- Koordinatensysteme eines Roboters
- Punkt- / Bahn- / Splineprogrammierung
- Ablaufkontrollen (Schleifen, Verzweigungen, etc.)
- Strukturen (Unterprogramme, Funktionen, etc.)
- Einbindung von Sensoren (z.B. Bildverarbeitung, Kraftregelung, etc.)
- Ansteuerung von Aktoren (z.B. Greifer, etc.)
- Automatische Bahnplanungsverfahren
- Standard-Schnittstellen zur Integration von Roboter in Produktionssysteme

Nach Erarbeitung obiger Lerninhalte folgt eine Projektarbeit in kleinen Gruppen. Hier soll jeweils eine gegebene Aufgabenstellung mit Hilfe des Robotersystems automatisiert und gelöst werden.

Empfohlene Literatur:

Umfassendes Skript und Beispielaufgaben, Lastenhefte für die Projektarbeit

Anmerkungen:

Beamer-Vorlesung (20% – 30% der Vorlesungsstunden), Versuche in Kleingruppen entlang des Arbeitsskripts, Praktische Umsetzung der Projektarbeit in Kleingruppen.

## Modulname: Safety in Automation and Robotics

### Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: **RKIM 130**

Modulverantwortliche(r): **Prof. Dr.-Ing. Dirk Feßler**

Modulumfang (ECTS): 6 CP

Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h

Einordnung (Semester): 1. Semester

Inhaltliche Voraussetzungen:

Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie sowie Grundlagen der Robotik und des praktischen Umgangs mit Robotern

Voraussetzungen nach SPO: keine

Kompetenzen:

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, eine sichere Funktionalität von Automatisierungssystemen wie den kollaborierenden Robotern zu gewährleisten, in dem Sie :

- 
- mit den relevanten Vorschriften, den europäischen Sicherheits-Richtlinien sowie den entsprechenden Normen, unter anderem der IEC 61508, vertraut gemacht werden
- mögliche Gefahren mittels Methoden der Gefahrenanalyse, wie der FEMA oder FTA, identifizieren können
- lernen Risiken mit Methoden der Risikoanalyse zu bewerten
- in der Lage sind den Sicherheits-Integritäts-Level (SIL) nach der Norm IEC 61508 zu bestimmen und daraus die entsprechende Sicherheitssystemarchitektur bzw. -struktur und Diversität aufgrund eventueller Common Cause Failures abzuleiten
- für vorgegebene Anlagenstrukturen die Hardware-Fault-Tolerance ermitteln können
- die Berechnung von Sicherheitskenngrößen, wie beispielsweise Ausfallrate  $\lambda$ , Safe Failure Fraction, Diagnostic Coverage, Probability of dangerous Failure on Demand sowie Probability of dangerous Failure per Hour, erlernen
- mit den wesentlichen Herausforderungen beim Entwurf von Automatisierungsszenarien für Mensch-Roboter-Kooperation vertraut gemacht werden
- Komponenten und Systeme für Applikationen mit Mensch-Roboter-Kooperation zusammenstellen können

um später im Berufsleben Sicherheitssysteme für Automatisierungssysteme wie den kollaborierenden Robotersystemen zu konzipieren und zu bewerten.

Prüfungsleistungen:

Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min)

Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

RKIM133 Safety in Automation and Robotics (PL)

Verwendbarkeit:

Allgemein: Ziel des Moduls ist es, das Verständnis für die "Funktionale Sicherheit (FuSi)" zu wecken und Schutz vor Gefährdung durch inkorrekte Funktionen zu erreichen.

Weiterhin werden den Studierenden die Grundlagen sowie die nötige Vorgehensweise gelehrt, um Szenarien mit Mensch-Roboter-Kollaboration zu entwerfen, die Gefährdungen und Risiken zu analysieren, sowie geeignete technische und organisatorische Maßnahmen zu ergreifen, welche die Gefährdung des Menschen in den Szenarien minimieren. Als Grundlage dienen die dazu vermittelten relevanten Vorschriften und Normen.

Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen: Die elektrische Sicherheit, die Eigensicherheit (Schutz vor Explosionen) und die Feuer- sowie Strahlensicherheit sind nicht Lehrgegenstand dieses Moduls.

Die Grundlagen der Robotik werden zusammenfassend wiederholt und sind ebenfalls nicht Lehrgegenstand dieses Moduls. Die Behandlung von Sensoren und Algorithmen für intelligente und flexible Robotersysteme erfolgt im Modul Flexible Robotersysteme.

### **Lehrveranstaltung: Safety in Automation**

EDV-Bezeichnung: **RKIM 131**

Dozent/in: **Prof. Dr.-Ing. Dirk Feßler**

Umfang (SWS): 2

Turnus: jährlich, Wintersemester

Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul

Lehrsprache: Deutsch

Inhalte:

- Begriffsbestimmungen zur Funktionalen Sicherheit (FuSi)
- Aufgaben von Berufsgenossenschaften und TÜV
- Gesetze, Richtlinien und Normen
- neue Normenlandschaft: IEC 61508
- Sicherheits-Lebenszyklus für Hard- und Software
- Gefahren- bzw. Risikoanalyse und Risikominderung nach SIL
- Sicherheitsbezogene Steuerungen
- Strukturen und Hardware Fault Tolerance (HFT)
- Fehler-Klassifizierung
- Ausfallraten und Quantifizierung
- Safe Failure Fraction (SFF) und Diagnostic Coverage (DC)
- Probability of dangerous Failure on Demand (PFD) und Probability of dangerous Failure per Hour (PFH)

Empfohlene Literatur:

Wratil, P.; Kieviet, M.: „Sicherheitstechnik für Komponenten und Systeme“, VDE-Verlag, 2010

Börcsök, J.: „Funktionale Sicherheit“, VDE-Verlag, 2015

Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Safety in Human-Robot Collaboration</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM 132</b>
Dozent/in: <b>Prof. Dr.-Ing. Daniel Braun</b>
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich, Wintersemester
Art und Modus: Vorlesung; Pflichtmodul
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrifflichkeiten und Szenarien von Kooperation, Kollaboration und physikalischer Interaktion zwischen Mensch und Roboter</li> <li>• Gefährdung des Menschen in dieser Interaktion</li> <li>• Folgen von gewolltem und ungewolltem Kontakt zwischen Mensch und Roboter</li> <li>• Anforderungen an Sicherheitssysteme und Roboter in der Mensch-Roboter-Interaktion</li> <li>• Relevante Bestimmungen und Normen: ISO10218-1/-2, ISO/TS 15066</li> <li>• Risikoanalyse für Mensch-Roboter-Interaktion</li> <li>• Methoden und Systeme zur Reduktion der Risiken</li> <li>• Roboterbasierte Methoden zur Risikobehandlung in der Mensch-Roboter-Kooperation</li> <li>• Kommerziell verfügbare Systeme und Komponenten für die Mensch-Roboter-Kooperation</li> <li>• Praktische Beispiele für realisierte Applikationen</li> </ul>
Empfohlene Literatur: Behrens, R.: „Biomechanische Grenzwerte für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration“, Springer 2019 Müller R.; Franke J. et al.: „Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration“, Hanser Fachbuch 2019
Anmerkungen: -

## **Modulname: Kinematik und Dynamik von Robotersystemen**

### **Modulübersicht**

EDV-Bezeichnung: **RKIM 140**

Modulverantwortliche(r): **Prof. Dr.-Ing. Martin Kipfmüller**

Modulumfang (ECTS): 6

Einordnung (Semester): *1. Semester*

Inhaltliche Voraussetzungen:

Grundlagenvorlesungen Mathematik (lineare Algebra)

Voraussetzungen nach SPO:

keine

Kompetenzen:

Die Studierenden sind in der Lage:

- die Lage und Orientierung von Industrierobotern im Raum mittels gängigen Modellierungsmethoden beschreiben
- die Bewegungsgleichungen von Robotersystemen aufstellen und analysieren
- rechnergestützte Werkzeuge zum Lösen der beschriebenen Aufgaben anwenden

um das dynamische Verhalten von Robotersystemen in der Praxis bewerten zu können.

Prüfungsleistungen:

Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (20min)

Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

**RKIM143** Kinematik und Dynamik von Roboter Systemen (PL)

Verwendbarkeit:

### **Lehrveranstaltung: Kinematik und Dynamik**

EDV-Bezeichnung: **RKIM 141**

Dozent/in: **Prof Dr.-Ing. Martin Kipfmüller**

Umfang (SWS): 3

Turnus: jährlich

Art und Modus: Vorlesung und Übung

Lehrsprache: deutsch

Inhalte:

Modellierungsmethoden für die Kinematik und Dynamik von Robotersystemen:

Freiheitsgrade von Mechanismen, Beschreibung der Lage und Orientierung von Körpern im Raum: Richtungskosinusmatrizen, Eulerwinkel, Quaternionen, Homogene

Koordinaten/Denavit Hartenberg-Parameter; Mehrkörperdynamik:

Starrkörperbewegungsgleichungen im Raum, Bewegungsgleichungen von Mechanismen

im Raum, Inverses Newton-Euler Verfahren

Empfohlene Literatur:

Shabana, A. A.: Dynamics of Multibody Systems, 4. Auflage, Cambridge University Press, Chicago 2014. Sciavicco, L. , Siciliano, B. : Robotics - Modelling, Planning and Control, Springer, 2009

Anmerkungen:

<b>Lehrveranstaltung: Labor Robotermechanik</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM 142</b>
Dozent/in: <b>Prof Dr.-Ing. Martin Kipfmüller</b>
Umfang (SWS): 1
Turnus: jährlich
Art und Modus: Programmierübung
Lehrsprache: deutsch
Inhalte: Umsetzung der in der Vorlesung gelernten Theorie in Beispielen am Rechner. Das Labor ist in der Vorlesung integriert und wird innerhalb der Klausur mit abgeprüft.
Empfohlene Literatur: Peter Corke: Robotics, Vision and Control, Springer 2017
Anmerkungen:

## Modulname: Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1

### Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: **RKIM150**

Modulverantwortliche(r): **Studiendekan**

Modulumfang (ECTS): 6 CP

Einordnung (Semester): 1

Inhaltliche Voraussetzungen: -

Voraussetzungen nach SPO: -

#### Kompetenzen:

Nach erfolgreichem Abschluss sind die Studierenden in der Lage

- im Team ein vorgegebenes Projekt selbstständig und strukturiert zu bearbeiten und alle Unterlagen zur stofflichen Verwirklichung zu erstellen
- eine vorgegebene (evtl. diffuse) Aufgabenstellung zu hinterfragen und zu präzisieren und alle Anforderungen festzulegen
- ein komplexes Projekt bezüglich Arbeitspaketen und Zeit zu planen (unter Berücksichtigung der vorhandenen Ressourcen)
- ein Projekt methodisch, im Team zu bearbeiten (inkl. Schnittstellendefinition und Kommunikation)
- Ergebnisse schriftlich und mündlich zu präsentieren

#### Prüfungsleistungen:

Projekt mit schriftlicher Ausarbeitung (Projektbericht) und Präsentation (Referat 20 min)

#### Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

RKIM **152** Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1 (PL)

#### Verwendbarkeit:

**Lehrveranstaltung: Forschungs- und Entwicklungsprojekt 1**EDV-Bezeichnung: **RKIM151**

Dozent/in: Professoren der Fakultäten MMT, EIT, W

Umfang (SWS): Projekt, 4 SWS, 6 CP

Turnus:

Art und Modus: Projektarbeit

Lehrsprache:

Inhalte:

In Gruppen von ca. 2 bis 6 Personen werden Projekte mit den unterschiedlichsten Themen bearbeitet. Die Aufgabenstellungen werden in der Regel von den Fachkollegen gestellt und unterstützen die angewandte Forschung. Bei umfangreichen Aufgabenstellungen kann das Projekt im 2. Semester thematisch fortgesetzt werden.

Empfohlene Literatur:

## 2. Semester:

<b>Künstliche Intelligenz in der Produktion</b>
<b>Modulübersicht</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM210</b>
Modulverantwortliche(r): <b>Prof. Dr.-Ing. N.N.</b>
Modulumfang (ECTS): 6
Einordnung (Semester): 2. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: -
Voraussetzungen nach SPO: -
Kompetenzen: Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• können Wissen aus Datenbeständen erheben und verknüpfte Wissensmodelle und Wissensnetzwerke erzeugen</li><li>• wenden Verfahren der Bildverarbeitung an um Bilder automatisch zu analysieren</li><li>• lernen Schwarmintelligenz bei dafür geeigneten Problemen einzusetzen</li><li>• sind fähig komplexere maschinelle Lernverfahren anzuwenden, die auch zeitliche Komponenten enthalten können</li><li>• sind in der Lage Verfahren aus der künstlichen Intelligenz auf verschiedenartige Probleme in der Produktion anzuwenden und dort Lösungen vorzuschlagen bzw. zu implementieren</li></ul>
Prüfungsleistungen: Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min)
Prüfungsanmeldung/-abmeldung: RKIM212 Künstliche Intelligenz in der Produktion (PL)

**Lehrveranstaltung: Verfahren der künstlichen Intelligenz in der Produktion**EDV-Bezeichnung: **RKIM211**

Dozent/in: Prof. Dr.-Ing. N.N

Umfang (SWS): 4

Turnus: jährlich

Art/Modus: Vorlesung, Labor / Pflichtfach

Lehrsprache: Deutsch oder Englisch

Inhalte:

Die Lehrinhalte ermöglichen den Studierenden komplexere KI-Probleme anzugehen, indem sie sowohl theoretisch als auch praktisch vertraut gemacht werden mit

- Bildverarbeitungs- und –analyseverfahren
- Wissensnetzen (Ontologien) zum Verknüpfen und Ableiten von Wissen
- Reinforcement Learning
- Schwarmintelligenz

Empfohlene Literatur:

- Nilsson, N. J.: Introduction to Machine Learning, Stanford University, Stanford, 2005.
- Russell S.J.; Norvig P.: Artificial Intelligence. A Modern Approach, 3. Aufl., Pearson, Boston; München, 2010
- Bishop C. M.: Pattern Recognition and Machine Learning, 5. Aufl, Springer, New York, 2007
- Witten I. H.; Frank E.; Hall M. A.: Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 3. Aufl., Morgan Kaufman, Amsterdam; Heidelberg, 2011.
- Mitchell T.: Machine Learning, McGraw Hill, Boston, 1997.
- Riolo R.; Vladislavleva E.; Ritchie M. D.; Moore J. H.: Genetic Programming Theory and Practice X, Springer, New York, 2013
- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Machine Learning, Springer, 2017
- Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G.: Pattern Classification, Wiley, New York; Weinheim, 2001

Anmerkungen:

## Robogistics – Roboter in der Logistik

### Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: **RKIM220**

Modulverantwortliche(r): **Prof. Dr.-Ing. Christian Wurll, Prof. Dr.-Ing. Björn Hein**

Modulumfang (ECTS): 6

Einordnung (Semester): 2. Studiensemester

Inhaltliche Voraussetzungen:

Grundlagen der Automatisierung und Prozesstechnik

Voraussetzungen nach SPO:

-

Kompetenzen:

Die Studierenden können unterschiedliche Methoden und Konzepte zur Planung und Auslegung von Robotersysteme für intra-logistische Prozesse anwenden, in dem Sie

- einen umfangreichen Überblick über den Stand der Technik und der Forschung auf dem Gebiet der Robotik in der Intra-Logistik erhalten,
- ausgewählte Case-Studies und Praxisbeispiele kennenlernen und analysieren,

um später aus kundenspezifischen Anforderungen intra-logistische Lösungen mit Robotern konzipieren und bewerten zu können.

Prüfungsleistungen:

Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min) und Projektarbeit

Prüfungsanmeldung:

**RKIM 223** Robogistics - Roboter in der Logistik (PL)

### Lehrveranstaltung: Robogistics – Roboter in der Logistik

EDV-Bezeichnung: **RKIM221**

Dozent/in: **Prof. Dr.-Ing. Christian Wurll, Prof. Dr.-Ing. Björn Hein**

Umfang (SWS): 4

Turnus: Sommersemester

Art/Modus: Vorlesung, Labor / Pflichtfach

Lehrsprache: Deutsch oder Englisch

Inhalte:

1. Überblick über Einsatzgebiete von Roboter in Lagern, wie z.B.:

- Entnahme und Lagerung von Waren (RBG, Shuttle, AutoStore, etc.)
- Warentransport zwischen verschiedenen Bereichen mit Fahrerlosen Transportsystemen oder mobilen Robotern
- Sortierung von Waren mit (mobilen) Robotern
- Kommissionierhilfen (KIVA-System-Konzept, Weasel®, Automated Item Picking, AR / VR, etc.)
- Verwaltung von Roboter-Flotten

2. Planung und Simulation von Roboter-Applikation in der Logistik

3. Überblick und Anwendung von Software-Werkzeugen

- Materialfluss – und Robotersimulation
- Gemischte Palettierung
- Automated Item Picking & Packing

4. Durchführung eines Praxis-Projekts

Empfohlene Literatur:

Umfassendes Skript und Beispielaufgaben und z.B.

Glock, Ch.; Grosse, E.: „Warehousing 4.0: Technische Lösungen und Managementkonzepte für die Lagerlogistik der Zukunft (Deutsch)“, B+G Wissenschaftsverlag

Wurll, Ch.: „Das bewegliche Lager auf Basis eines Cyber-physischen Systems“ In: Vogel-Heuser B., Bauernhansl T., ten Hompel M. (eds) Handbuch Industrie 4.0 Bd.3. Springer Reference Technik. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg

Anmerkungen:

Beamer-Vorlesung (30 - 40% der Vorlesungsstunden), Praktische Umsetzung der Projektarbeit in Kleingruppen.

## Modulname: Flexible Robotersysteme

### Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: **RKIM 230**

Modulverantwortliche(r): **Prof. Dr.-Ing. Daniel Braun.**

Modulumfang (ECTS): 6 CP

Arbeitsaufwand: Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 90 h

Einordnung (Semester): 2. Semester

Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen der Robotik und des praktischen Umgangs mit Robotern, Grundlage der Regelungstechnik

Voraussetzungen nach SPO: keine

Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, flexibel agierende Robotersysteme zu entwerfen und die dafür notwendigen Sensoren, Aktoren und Regelungsmethoden zu integrieren. Dazu

- analysieren sie die Herausforderungen für Robotersysteme im flexiblen Einsatz,
- bewerten sie den Einsatz verschiedener Klassen von Sensorsystemen und wählen passende Systeme aus
- setzen Sie Verfahren für die Kalibrierung und Vermessung von Sensor- und Aktorsystemen ein
- analysieren Sie die Anforderungen an Regelungssysteme in der Aufgabe und implementieren je nach Anforderungen Visual Servoing-Verfahren oder Systeme zur Kraft- und Momentregelung
- setzen Sie Verfahren zur Kraft- und Positionsregelung von Robotern in der Interaktion mit dem Menschen ein
- können Sie die Einsatzmöglichkeiten von Operational Space Control bewerten

um Robotersysteme herzustellen, die auf Änderungen in der Aufgabenstellung reagieren und mit dem Menschen interagieren können.

Prüfungsleistungen:

Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min)

Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

RKIM233 Flexible Robotersysteme (PL)

Verwendbarkeit:

Allgemein:

Ziel des Moduls ist es, den Studierenden Verfahren und technische Lösungen für den flexiblen Einsatz von Robotersystemen zu vermitteln. Dazu werden zunächst die Grundlagen der Regelung von Robotersystemen und darauf aufbauend verschiedene fortschrittliche Regelungsverfahren behandelt. Parallel lernen die Studierenden Sensoren und Aktoren kennen, mit welchen Robotersysteme mit ihrer Umwelt in Kontakt treten. Nach Abschluss des Moduls sollen die Studierenden in der Lage sein, Lösungen mit Robotern zu entwerfen, die über immer gleich ablaufende Bewegungsaufgaben hinausgehen und flexibel auf Abweichungen in der Aufgabenstellung reagieren können.

Zusammenhänge / Abgrenzung zu anderen Modulen:

Fragen der Sicherheit in der Anwendung von Robotersystemen werden im Modul „Safety in Automation and Robotics“ des Studiengangs behandelt.

<b>Lehrveranstaltung: Regelung von Robotersystemen</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM 231</b>
Dozent/in: <b>Prof. Dr.-Ing. Daniel Braun</b>
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich
Art und Modus: Vorlesung, Pflichtmodul
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelungstechnische Modellierung von Robotern und Automatisierungsaufgaben</li> <li>• Reglerstrukturen und -verfahren für Roboterantriebe</li> <li>• Visual Servoing für sensorgeführte Roboterbewegungen</li> <li>• Koordination von Roboterbewegungen</li> <li>• Physikalische Interaktion von Robotern mit der Umwelt und dem Menschen</li> <li>• Grundlagen und Anwendung der Kraftregelung</li> <li>• Impedanz- und Admittanzregelung</li> <li>• Hybride Kraft-Positions-Regelung</li> <li>• Einführung in Operational Space Control</li> </ul>
Empfohlene Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siciliano, B.; Khatib, O. Handbook of Robotics, Springer 2016</li> <li>• Sciavicco, L., Siciliano B. Modelling and Control of Robot Manipulators, Springer 2001</li> <li>• de Schutter, J., Baeten, J. Integrated Visual Servoing and Force Control, Springer 2003</li> <li>•</li> </ul>
Anmerkungen: -

<b>Lehrveranstaltung: Sensoren und Aktoren für Robotersysteme</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM 232</b>
Dozent/in: <b>Prof. Dr.-Ing. Daniel Braun</b>
Umfang (SWS): 2
Turnus: jährlich
Art und Modus: Vorlesung mit Seminar; Pflichtmodul
Lehrsprache: Deutsch
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• typische Automatisierungsszenarien für sensorgeführte Robotersysteme</li> <li>• spezialisierte Werkzeuge für Roboter</li> <li>• Universalwerkzeuge und Greifer</li> <li>• Werkzeugwechsler</li> <li>• Ausstattung der Roboterzelle mit Sensoren und Kommunikation mit der Robotersteuerung</li> <li>• Klassen von Sensorsystemen</li> <li>• Visuelle Sensoren und Verfahren für die Objektdetektion und Lageerkennung</li> <li>• Vermessung und Kalibrierung von Sensoren und Aktoren</li> <li>• Roboterintegrierte Sensorsysteme</li> <li>• mobile Roboter als Realisierungsbeispiel für komplexe integrierte Systeme</li> </ul>
Empfohlene Literatur:

Siciliano, B., Khatib, O. Handbook of Robotics, Springer 2016

Corke, P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB, Springer 2017

Ruocco, S. Robot Sensors and Transducers, Springer 1987

Anmerkungen: -

## Modulname: Change Management und Virtual Reality

### Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: **RKIM240**

Modulverantwortliche(r): **Prof. Dr.-Ing B. Langer / Prof. Dr.-Ing. F. Bellalouna**

Modulumfang (ECTS): 6

Einordnung (Semester): 2. Semester

#### Inhaltliche Voraussetzungen:

- LEAN-Management-Grundlagen
- Wirtschaftliche Bewertung von Systemen
- Digitale Produktlebenszyklus Methoden

#### Voraussetzungen nach SPO:

#### Kompetenzen:

##### Die Studierenden können

- methodisch fundiert Robotik-Integrationsaufgaben erfassen, analysieren und bewerten
- neben den erforderlichen technisch-fachlichen Ingenieursmethoden auch die Management- und arbeitswissenschaftlichen Methoden anwenden
- passende Lösungen entwickeln, konzeptionieren und präsentieren
- dafür erforderliche Entscheidungen vorbereiten, treffen oder organisieren
- Roboter-Integrationsaufgaben projektieren, umsetzen und Nachhaltigkeit inkl. Kaizen sicherstellen
- die Methoden der Digitalisierung entlang des Produktlebenszyklus (Digitale Produktentstehung, PLM, Digital Thread) beschreiben und definieren
- die Technologien der Digitalisierung (Virtual Reality, Augmented Reality, Digitaler Zwilling) anhand von Praxisbeispielen anwenden
- die Potenziale der Digitalisierungsmethoden und -Technologien zur Optimierung von bestimmten Prozessen (z.B. Produktentwicklung, Produktion, Logistik, Wartung, etc.) identifizieren
- eigene Grundkonzepte zur Digitalisierung von Produktlebenszyklusprozessen entwickeln

#### Prüfungsleistungen:

- Change Management und Arbeitspsychologie: Klausur (45 min)
- Digitale Produktlebenszyklus Methoden: Studienarbeit (Ausarbeitung eines Anwendungsfalls und Abgabe in Form eines benoteten Berichts)

#### Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

RKIM **243** Changemanagement und Arbeitspsychologie (PL)

RKIM **244** Digitale Produktlebenszyklus Methoden (PL)

**Verwendbarkeit:**

Das Berufsbild erfordert nicht nur die technischen Kompetenzen, sondern auch die Fähigkeiten, diese technischen Systeme in den Berufsalltag der Belegschaft zu integrieren. Es wird trainiert, wie das Management für KI und Robotik durch die Hierarchie hinweg überzeugt und eingebunden wird.

Die erlernten digitalen Methoden sind relevant, um eine Übersicht über die digitale Transformation und die dazu verwendeten Technologien entlang des Produktlebenszyklus zu gewinnen. Diese Erkenntnisse sind vor allem wichtig, um F&E- und Abschlussarbeiten in diesem Umfeld bearbeiten und durchführen zu können.

**Lehrveranstaltung: Change Management und Arbeitspsychologie**

EDV-Bezeichnung: **RKIM 241**

Dozent/in: **Prof. Dr.-Ing. Bernd Langer**

Umfang (SWS): 2

Turnus: jährlich

Art und Modus: Vorlesung, Fachvorträge

Lehrsprache: deutsch oder englisch

**Inhalte:**

- Change Management-Grundlagen und angewandte Methoden
- Aktiver kultureller Wandel und Nachhaltigkeit in Optimierungsprojekten
- Arbeitswissenschaftliche Grundlagen
- Leadership im digitalen Wandel und Personalentwicklung
- Projektmanagement und Projektorganisation
- Geschäftsprozessentwicklung, Geschäftsprozessoptimierung
- Wirtschaftliche Bewertung von Optimierungsprojekten

**Empfohlene Literatur:**

Handbuch Change-Management / Kraus, Becker-Kolle, Fischer / Cornelsen

**Anmerkungen:**

<b>Lehrveranstaltung: Digitale Produktlebenszyklus Methoden</b>	
EDV-Bezeichnung:	<b>RKIM 242</b>
Dozent/in:	<b>Prof. Dr.-Ing. Fahmi Bellalouna</b>
Umfang (SWS):	2
Turnus:	jährlich
Art und Modus:	Vorlesung / Übung
Lehrsprache:	deutsch oder englisch
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Digitalisierungsmethoden in der Produktentwicklungsphase</li> <li>• Grundlagen der Digitalisierungsmethoden in der Produktions- und Fertigungsphase</li> <li>• Grundlagen der Digitalisierungsmethoden in der Produktanwendungsphase</li> <li>• Virtual Reality (VR): Methoden, Technologien und Anwendungen</li> <li>• Augmented Reality (AR): Methoden, Technologien und Anwendungen</li> <li>• Digitaler Zwilling (DZ): Methoden, Technologien und Anwendungen</li> <li>• Entwicklung und Implementierung von Anwendungsfällen für VR, AR und DZ im Rahmen von Gruppenarbeiten</li> </ul>
Empfohlene Literatur:	Vorlesungsskript
Anmerkungen:	<p>Die Studierenden werden Aufgaben bekommen, um Konzepte zur Einführung einer dieser Technologien (VR, AR oder Digitaler Zwilling) ins Produktlebenszyklus zu erstellen. Sie müssen anschließend diese Aufgaben als Anwendungsfälle ausarbeiten und in Form eines Berichts am Ende des Semesters abgeben. Der Bericht wird benotet und als Prüfungsleistung angerechnet.</p>

## Modulname: Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2

### Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: **RKIM250**

Modulverantwortliche(r): **Studiendekan**

Modulumfang (ECTS): 6 CP

Einordnung (Semester): 1

Inhaltliche Voraussetzungen: -

Voraussetzungen nach SPO: -

#### Kompetenzen:

Nach erfolgreichem Abschluss sind die Studierenden in der Lage

- im Team ein vorgegebenes Projekt selbstständig und strukturiert zu bearbeiten und alle Unterlagen zur stofflichen Verwirklichung zu erstellen
- eine vorgegebene (evtl. diffuse) Aufgabenstellung zu hinterfragen und zu präzisieren und alle Anforderungen festzulegen
- ein komplexes Projekt bezüglich Arbeitspaketen und Zeit zu planen (unter Berücksichtigung der vorhandenen Ressourcen)
- ein Projekt methodisch, im Team zu bearbeiten (inkl. Schnittstellendefinition und Kommunikation)
- Ergebnisse schriftlich und mündlich zu präsentieren

#### Prüfungsleistungen:

Projekt mit schriftlicher Ausarbeitung (Projektbericht) und Präsentation (Referat 20 min)

#### Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

**RKIM 252** Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2 (PL)

#### Verwendbarkeit:

**Lehrveranstaltung: Forschungs- und Entwicklungsprojekt 2**EDV-Bezeichnung: **RKIM251**

Dozent/in: Professoren der Fakultäten MMT, EIT, W

Umfang (SWS): Projekt, 4 SWS, 6 CP

Turnus:

Art und Modus: Projektarbeit

Lehrsprache:

Inhalte:

In Gruppen von ca. 2 bis 6 Personen werden Projekte mit den unterschiedlichsten Themen bearbeitet. Die Aufgabenstellungen werden in der Regel von den Fachkollegen gestellt und unterstützen die angewandte Forschung.

Empfohlene Literatur:

### 3. Semester:

<b>Modulname: Wahlpflichtmodul</b>
<b>Modulübersicht</b>
EDV-Bezeichnung: <b>RKIM310</b>
Modulverantwortliche(r): <b>Studiendekan</b>
Modulumfang (ECTS): 5 CP
Einordnung (Semester): 3
Inhaltliche Voraussetzungen:
Voraussetzungen nach SPO:
Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss haben die Studierenden Kenntnisse in den belegten Wahlpflichtfächern gemäß den diesbezüglichen Beschreibungen erlangt. Die Inhalte dürfen in wesentlichen Teilen nicht deckungsgleich mit dem Studienprogramm des jeweiligen Master-Studiengangs sein. Es kann auch mehr als eine Veranstaltung belegt werden, um die erforderlichen fünf Kreditpunkte zu erreichen.
Prüfungsleistungen:  Abhängig von den gewählten Wahlfächern. Gemäß der entsprechenden Studien- und Prüfungsordnung des anbietenden Studiengangs. Es wird eine Note vergeben, daher muss für mindestens eine Studienleistung (falls mehrere hierfür erbracht werden) eine Note vergeben werden; falls mehrere benotete Studienleistungen hierfür erbracht werden, werden die Noten gemäß der Kreditpunkten errechnet  Die Wahlpflichtfächer werden in Abstimmung mit dem Studiendekan gewählt und können aus verschiedenen Fakultäten gewählt werden (auch Fakultäten, die nicht am Studiengang beteiligt sind – in Absprache mit dem verantwortlichen Dozenten)
Verwendbarkeit:

**Modulname: Master-Thesis**

**Modulübersicht**

EDV-Bezeichnung: **RKIM320**

Modulverantwortliche(r): **Studiendekan**

Modulumfang (ECTS): 20 CP

Einordnung (Semester): 3

Inhaltliche Voraussetzungen:

Voraussetzungen nach SPO: Erfolgreich abgeschlossenes 1. und 2. Semester des Master-Studiengangs (s. § 22 Absatz 1 SPO Teil A Master)

Kompetenzen:

Nach erfolgreichem Abschluss können Studierende

- ein Problem eigenständig wissenschaftlich und methodisch innerhalb einer vorgegebenen Frist bearbeiten
- den Stand der Technik aufzeigen und analysieren
- im Studium erlernte Methoden für die Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung anwenden

Prüfungsleistungen:

Die Kenntnisse der Studierenden werden anhand der Dokumentation der Masterarbeit benotet.

Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

**RKIM321** Master-Thesis (PL)

Verwendbarkeit:

**Lehrveranstaltung: Master-Thesis**

EDV-Bezeichnung: RKIM 320

Dozent/in: Professoren der Fakultäten MMT, EIT, W

Umfang (SWS): 600 h

Turnus:

Art und Modus: Projektarbeit von 6 Monaten

Lehrsprache:

Inhalte:

In dem Modul wird die eigenständige Bearbeitung eines Themas verlangt. Die Inhalte des Masterstudiums gelangen hier in einer umfassenden Form zur Anwendung. Es kann sich um eine eigenständige Bearbeitung eines Problems aus der Praxis handeln oder der Teilarbeit aus dem Arbeitsfeld eines Teams, wobei der Anteil des eigenen Beitrages klar ersichtlich sein muss.

Empfohlene Literatur:

Anmerkungen:

Arnemann, M.: Richtlinien zur Durchführung von Abschlussarbeiten. Stand 2006

**Modulname: Abschlusskolloquium**

**Modulübersicht**

EDV-Bezeichnung: **RKIM330**

Modulverantwortliche(r): Studiendekan

Modulumfang (ECTS): 5 CP

Einordnung (Semester): 3

Inhaltliche Voraussetzungen:

Voraussetzungen nach SPO:

Kompetenzen:

Beherrschung der grundlegenden Prinzipien und wichtigsten Fakten aus den Lehrinhalten des gewählten Master-Studiengangs sowie der Master-Thesis

Prüfungsleistungen:

Referat/Vortrag zur Thesis (20min) und mündliche Prüfung (Dauer 30 min)

Prüfungsanmeldung/-abmeldung:

RKIM **331** Abschlusskolloquium (PL)

Verwendbarkeit:

**Lehrveranstaltung: Abschlusskolloquium**

EDV-Bezeichnung: **RKIM330**

Dozent/in: Professoren der Fakultäten MMT, EIT, W

Umfang (SWS): Eigenstudium 150 h

Turnus:

Art und Modus: Selbststudium und wissenschaftliches Kolloquium

Lehrsprache:

Inhalte:

Wissenschaftliche Verteidigung der Master-Thesis

Empfohlene Literatur:

Anmerkungen:

## Übersichtsliste zur Prüfungsanmeldung/-abmeldung

<b>EDV-Nr. Modul, Modulbezeichnung</b>	<b>Semester</b>	<b>EDV-Nr. Lehrveranstaltung(en)</b>	<b>EDV-Nr. Prüfung</b>
RKIM110 Künstliche Intelligenz	1	RKIM111	RKIM 112
RKIM120 Roboterprogrammierung	1	RKIM121	RKIM 123
RKIM 130 Safety in Automation and Robotics	1	RKIM131, RKIM132	RKIM 133
RKIM140 Kinematik und Dynamik von Robotersystemen	1	RKIM141, RKIM142	RKIM 143
RKIM150 F+E Projekt 1	1	RKIM151	RKIM 152
RKIM210 Künstliche Intelligenz in der Produktion	2	RKIM211	RKIM 212
RKIM220 Robogistics- Roboter in der Logistik	2	RKIM221, (RKIM222)	RKIM 223
RKIM230 Flexible Robotersysteme	2	RKIM231, RKIM232	RKIM 233
RKIM240 Change Management und Virtual Reality	2		
-Change Management und Arbeitspsychologie		RKIM241	RKIM 243
-Digitale Produktlebenszyklus Methoden		RKIM242	RKIM 244
RKIM250 F+E Projekt 2	2	RKIM251	RKIM 252
RKIM310 Wahlpflichtmodul	3	Je nach Wahlfächern	je nach Wahlfächern
RKIM320 Master-Thesis	3	RKIM320	RKIM 321
RKIM330 Abschlusskolloquium	3	RKIM330	RKIM 331