



# **Modulhandbuch Studiengang Master Industrial Informatics**

(PO 2017)

Hochschule Emden/Leer  
Fachbereich Technik  
Abteilung Elektrotechnik und Informatik

(Stand: 1. März 2024)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Gliederung des Studiums und individuelle Schwerpunktbildung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Kompetenzen in Industrial Informatics</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Organisationskonzept des Studiengangs</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Modul-Kompetenz-Matrix</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Abkürzungen der Studiengänge des Fachbereichs Technik</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Modulverzeichnis</b>	<b>9</b>
6.1	Pflichtmodule	10
	Industrial Cyber-Physical Systems	10
	MII-Projekt 1	12
	MII-Projekt 2	13
	Masterarbeit	14
6.2	Wahlpflichtmodule	15
	WPM Analytics & Mathematics	15
	WPM Digital Economy & Society	17
	WPM Digitale Signalverarbeitung	18
	WPM Digitalization & Virtualization of ICPS	19
	WPM Engineering ICPS	21
	WPM Industrial Data Transport Technologies	23
	WPM Industrielle Bildverarbeitung	24
	WPM Innovation Management	25
	WPM IoT Data Processing	26
	WPM Mathematik in der Robotik	27
	WPM Mixed-Reality Technologies	28
	WPM Mobile Robotics	30
	WPM Robotic Systems	31

# 1 Gliederung des Studiums und individuelle Schwerpunktbildung

Der Studiengang Master Industrial Informatics ist ein bilingualer Studiengang mit englischsprachigen Studienangeboten, um Absolventen auf eine ingenieurwissenschaftliche Tätigkeit im internationalen Umfeld vorzubereiten. Das Studium ist modular aufgebaut. Es umfasst Module des Pflichtbereichs, Module aus dem Wahlpflichtbereich (WPM) sowie Module nach freier Wahl der Studierenden (Wahlbereich), siehe besonderer Teil (B) der Masterprüfungsordnung für den Studiengang Master Industrial Informatics.

Die vermittelten Lehrinhalte, die Qualifikationsziele und die studentische Arbeitsbelastung der Module wird in Abschnitt 6 dargestellt, die in den Pflichtmodulen vermittelten Kompetenzen in Abschnitt 2 und 4.

Durch die Belegung von Wahlpflichtmodulen ist eine individuelle Schwerpunktbildung und Vertiefung möglich (Vertiefungsstudium). Der Umfang der Module aus dem Pflichtbereich beträgt 30 Kreditpunkte (ECTS). Der Umfang der Module aus dem Wahlpflichtbereich beträgt 30 Kreditpunkte (ECTS). Hinzu kommt die Masterarbeit mit Kolloquium im Umfang von 30 Kreditpunkten. Ein Kreditpunkt entspricht einem Arbeitsaufwand der Studierenden oder des Studierenden von 30 Stunden.

Die in den Vorlesungen vermittelte Theorie im Studiengang Master Industrial Informatics wird durch praktische Anwendung mit Gerätschaften und Laborausstattungen aus dem industriellen Umfeld vertieft und gefestigt. Ohne diese ist das Lernziel der Module, die Praktika beinhalten, nicht erreichbar. Sofern nicht abweichend in den Modulbeschreibungen definiert, beinhalten daher Lehrveranstaltungen, die als Praktikum gekennzeichnet sind, eine Anwesenheitspflicht.

Um Planbarkeit für Studierende und Lehreinheit bei größtmöglicher Flexibilität bei der Bereitstellung aktueller Lehrinhalte im Rahmen des Vertiefungsstudiums herzustellen, gilt für das Angebot der Wahlpflichtmodule: Vor dem Start eines jeden Semesters wird definiert, welche WPM in den kommenden 3 Semestern angeboten werden.

## 2 Kompetenzen in Industrial Informatics

Für die Informatik hat die Gesellschaft für Informatik (GI) ausführliche Erhebungen in der Praxis durchgeführt und daraus Empfehlungen abgeleitet und darüber hinaus den gesellschaftlichen Auftrag der Hochschulen berücksichtigt.

Basierend auf diesen Empfehlungen werden die Kompetenzfelder und einzelnen Kompetenzen unten beschrieben.

Für eine spätere übersichtliche Gegenüberstellung mit den Qualifikationszielen der Abteilung und des Studienganges werden die Kompetenzen mit Namen versehen.

Die unten eingeführten Abkürzungen werden in der sogenannten Modul-Kompetenz-Matrix verwendet, um die Zuordnung der Module zu den zu vermittelnden Kompetenzen darzustellen.

### Kompetenzfelder aus GI-Empfehlungen

BASIS	Basiskompetenzen
SYS	Software- und Systementwicklung
TECHKOMP	Technologische Kompetenzen
FÜSKOMP	Fachübergreifende und Schlüsselkompetenzen

Im Folgenden werden diese Kompetenzfelder weiter detailliert und stichwortartig beschrieben. Wie oben werden den Unterkategorien Namen zugeordnet.

## Basiskompetenzen

BASIS.FORMAL	formale Probleme mit Automaten und Formalen Sprachen beschreiben können
BASIS.ALGO	algorithmische Anforderungen in einen effizienten Algorithmus und eine geeignete Datenstruktur umsetzen können
BASIS.MATH	mathematische Algorithmen entwerfen, prüfen und bewerten können

## Software- und Systementwicklung

SYS.ANALYSE	Fähigkeit, mit unklaren Anforderungen umzugehen und sich in neue komplexe Anwendungen und Anwendungsgebiete einzuarbeiten
SYS.DESIGN	Fähigkeit, modularisierte und ergonomische Anwendungen unter Verwendung von Mustern- und Bibliotheken für unterschiedliche Architekturen zu entwerfen
SYS.REALISIERUNG	Fähigkeit, größere Programme oder Systeme professionell erstellen zu können und ihre Qualität sicher zu stellen. Dazu gehören Erfahrungen mit Entwicklungsumgebungen und Kenntnisse zu Konfigurations-, Change-, Release- und Liefermanagement.
SYS.PROJMAN	Fähigkeit, die Arbeit in Projekten planen, kontrollieren und steuern zu können. Dazu müssen Kenntnisse über die Umfangs- und Aufwandschätzung von Software vorhanden sein.

## Technologische Kompetenzen

TECHKOMP.BASIS	Allgemeines elektrotechnisches Fachwissen
TECHKOMP.SPEZIAL	Elektrotechnisches Spezialwissen
TECHKOMP.HWSW	Zusammenspiel von Hard- und Software verstehen
TECHKOMP.HARDWARE	Microcomputersysteme analysieren und entwerfen können
TECHKOMP.RECHNETZE	Rechnernetze verstehen
TECHKOMP.ECHTZEIT	Echtzeitsysteme verstehen
TECHKOMP.VERTSYS	Verteilte Systeme entwerfen können

## Fachübergreifende und Schlüsselkompetenzen

FÜSKOMP.ÜFACH	Grundkenntnisse in BWL und Recht, insbesondere Datenschutz, Dokumentations- und Präsentationsfähigkeit in Deutsch und Englisch
FÜSKOMP.METHKOMP	Methodenkompetenzen: informatisches Wissen in neue Anwendungsgebiete einbringen können, Fähigkeit Methoden und Wissen zu erweitern
FÜSKOMP.SOZKOMP	Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenz: überzeugend präsentieren können, abweichende Positionen erkennen und integrieren können, zielorientiert argumentieren, mit Kritik sachlich umgehen, Missverständnisse erkennen und abbauen

FÜSKOMP.GESETH	Gesellschaftliche und ethische Kompetenzen: Einflüsse der Informatik und Elektrotechnik auf die Gesellschaft einschätzen können, Ethische Leitlinien kennen und befolgen
----------------	--

Um eine übersichtliche Struktur im Modulhandbuch zu gewährleisten, wird jede Modulbeschreibung auf eine Seite beschränkt. Die Formulierungen zu den fachübergreifenden und sozialen Kompetenzen (FÜSKOMP) sind daher eher allgemein gehalten. Deshalb haben manche Modulverantwortliche es vorgezogen, statt ihrer die anderen Kompetenzen detaillierter zu beschreiben. Die Angaben zu den fachübergreifenden und sozialen Kompetenzen (FÜSKOMP) in der Modul-Kompetenz-Matrix sind trotzdem verbindlich. Die Art der Darstellung vermeidet lediglich Redundanzen.

### **3 Organisationskonzept des Studiengangs**

Die Module aus dem ersten und zweiten Semester bauen inhaltlich nicht aufeinander auf, so dass ein Einstieg in das Studium zum Sommer- oder Wintersemester möglich ist. Im Sommersemester werden die Module des ersten Semesters angeboten, im Wintersemester die Module des zweiten Semesters. Studierende, die ihr Studium im Sommersemester beginnen, hören damit zunächst die Veranstaltungen aus dem ersten Semester. Im darauf folgenden Semester hören sie die Veranstaltungen aus dem zweiten Semester. Bei Studierenden, die Ihr Studium im Wintersemester beginnen ist die Reihenfolge umgekehrt.

### **4 Modul-Kompetenz-Matrix**

In welchen Modulen die oben geforderten Kompetenzen vermittelt werden, ist in der folgenden Modul-Kompetenz-Matrix dargestellt.

**Modul-Kompetenz-Matrix für "Informationsverarbeitung für cyber-physische Systeme" (Deutsch)**

Modulname	Kompetenz																
	BASIS.FORMAL	BASIS.ALGO	BASIS.MATH	SYS.ANALYSE	SYS.DESIGN	SYS.REALISIER	SYS.PROJMAN	TECHKOMP.BASIS	TECHKOMP.SPEZIAL	TECHKOMP.HWSW	TECHKOMP.HARDWARE	TECHKOMP.RECHNETZ	TECHKOMP.ECHTZEIT	TECHKOMP.VERTSYS	FÜSKOMP.ÜFACH	FÜSKOMP.METHKOMP	FÜSKOMP.SOZKOMP
Industrial Cyber-Physical Systems				++	++	++		+	++	++	++	++	++	++		+	+
Mathematik in der Robotik	++	++	++	+	+	+			+					+			
Digitale Signalverarbeitung	+	+	++	+	+	+			++							++	
Projekt 1							+								+	+	+
Robotic Systems	+	+	+	+	+	++		++	++	+	+	+	+	+	+	+	+
Industrielle Bildverarbeitung		+	++				+		++	+						+	+
Hardware-Entwurf für Cyber-Physical Systems									++	++			+				
Projekt 2							+								+	+	+
Masterarbeit							+								+	+	+
<b>Wahlpflichtmodule</b>																	
Analytics & Mathematics	++	++	++	+	+	+			+					+		+	
Industrial Data Transport Technologies				+	+	+			++	+			+	+		+	+
Innovation Management	+			+				+	++	++					+	++	+
Engineering ICPS	++	+	++	++	++	+		+	++	++		+	+	++	+	+	
Digitalization & Virtualization of ICPS	+	+	+	+	++	+		+	+	+	+	+	++	++		++	+
Digital Economy & Society	+						+	+		+				+	++	+	++

**Zeichenerklärung:**

- + wird unterstützt
- ++ wird stark unterstützt

## Modul-Kompetenz-Matrix für "Industrial Cyber-Physical Systems" (English)

Modulname	Kompetenz																
	BASIS.FORMAL	BASIS.ALGO	BASIS.MATH	SYS.ANALYSE	SYS.DESIGN	SYS.REALISIER	SYS.PROJMAN	TECHKOMP.BASIS	TECHKOMP.SPEZIAL	TECHKOMP.HWSW	TECHKOMP.HARDWARE	TECHKOMP.RECHNETZ	TECHKOMP.ECHTZEIT	TECHKOMP.VERTSYS	FÜSKOMP.ÜFACH	FÜSKOMP.METHKOMP	FÜSKOMP.SOZKOMP
Industrial Cyber-Physical Systems				++	++	++		+	++	++	++	++	++	++		+	+
Analytics & Mathematics	++	++	++	+	+	+			+					+		+	
Digitale Signalverarbeitung	+	+	++	+	+	+			++							++	
Project 1							+								+	+	+
Robotic Systems	+	+	+	+	+	++		++	++	+	+	+	+	+	+	+	+
Engineering ICPS	++	+	++	++	++	+		+	++	++		+	+	++	+	+	
Digitalization & Virtualization of ICPS	+	+	+	+	++	+		+	+	+	+	+	++	++		++	+
Project 2							+								+	+	+
Master's Thesis							+								+	+	+
<b>Compulsory Optional Subjects</b>																	
Innovation Management	+			+				+	++	++					+	++	+
Mathematik in der Robotik	++	++	++	+	+	+			+					+			
Digitale Signalverarbeitung	+	+	++	+	+	+			++							++	
Digital Economy & Society	+						+	+		+				+	++	+	++
Industrielle Bildverarbeitung		+	++				+		++	+						+	+
Hardware-Entwurf für Cyber-Physical Systems									++	++			+				

### Zeichenerklärung:

- + wird unterstützt
- ++ wird stark unterstützt

## 5 Abkürzungen der Studiengänge des Fachbereichs Technik

### Abteilung Elektrotechnik und Informatik

<b>BET</b>	Bachelor Elektrotechnik
<b>BETPV</b>	Bachelor Elektrotechnik im Praxisverbund
<b>BI</b>	Bachelor Informatik
<b>BIPV</b>	Bachelor Informatik im Praxisverbund
<b>BMT</b>	Bachelor Medientechnik
<b>BOMI</b>	Bachelor Medieninformatik (Online)
<b>BORE</b>	Bachelor Regenerative Energien (Online)
<b>BOWI</b>	Bachelor Wirtschaftsinformatik (Online)
<b>MII</b>	Master Industrial Informatics
<b>MOMI</b>	Master Medieninformatik (Online)

### Abteilung Maschinenbau

<b>BIBS</b>	Bachelor Industrial and Business Systems
<b>BMD</b>	Bachelor Maschinenbau und Design
<b>BMDPV</b>	Bachelor Maschinenbau und Design im Praxisverbund
<b>BNPM</b>	Bachelor Nachhaltige Produktentwicklung im Maschinenbau
<b>MBIDA</b>	Master Business Intelligence and Data Analytics
<b>MMB</b>	Master Maschinenbau
<b>MTM</b>	Master Technical Management

### Abteilung Naturwissenschaftliche Technik

<b>BBT</b>	Bachelor Biotechnologie
<b>BBTBI</b>	Bachelor Biotechnologie/Bioinformatik
<b>BCTUT</b>	Bachelor Chemietechnik/Umwelttechnik
<b>BEEEE</b>	Bachelor Erneuerbare Energien und Energieeffizienz
<b>BEP</b>	Bachelor Engineering Physics
<b>BEPPV</b>	Bachelor Engineering Physics im Praxisverbund
<b>BNPT</b>	Bachelor Nachhaltige Prozesstechnologie
<b>BNPTPV</b>	Bachelor Nachhaltige Prozesstechnologie im Praxisverbund
<b>BSES</b>	Bachelor Sustainable Energy Systems
<b>MALS</b>	Master Applied Life Sciences
<b>MEP</b>	Master Engineering Physics
<b>MTCE</b>	Master Technology of Circular Economy



## 6 Modulverzeichnis

## 6.1 Pflichtmodule

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Industrial Cyber-Physical Systems	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	1 (jedes Wintersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Pflichtmodul	
<b>Sprache(n)</b>	Englisch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	Module 'Digitalisation & Virtualisation of ICPS', Module 'Engineering ICPS'	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Mündliche Prüfung oder Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	A. W. Colombo	
<b>Qualifikationsziele</b>		
<p>The rapid advances in computational power, communication and storage coupled with the benefits of the cloud and services, is giving rise to a new generation of industrial systems whose communication features are based on Industrial-Internet-Technology (IIoT), whose functionalities reside on-device (edge) and/or in-cloud and are exposed and/or consumed based on the application of the Industrial-Internet-of-Services (IoS) paradigm. The result are Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS), core of Industry 4.0 solutions. ICPS are the backbone, the enabler of digitalization, connectivity, composability and interoperability between seemingly disparate domains and application sectors like Energy, Healthcare, Transportation, Robotics, Smart Cities, Industry, etc. Students will be qualified to understand and work with Industry 4.0 frameworks covering 'digitalization and networking of systems based on the ICPS technologies'.</p>		
<b>Lehrinhalte</b>		
<p>Understanding the outcomes of the 3rd Industrial Revolution: Production Paradigms, Flexible and Reconfigurable Systems, traditional CIM-Pyramid for Control and Automation. Learning a set of technologies and architectural patterns to enable the specification, implementation and operation of industrial cyber-physical systems under the DIN SPEC 91345:2016-04 (RAMI4.0: Reference Architecture Model for Industrie 4.0) and Industrial Internet-Reference Architecture (IIRA) standards. Learning the major specifications of the (i) enterprise standard architectures PERA, ISA88, ISA95 (IEC 62264, IEC 61512), Smart Grid Reference Architecture Model (SGAM), Bosch Connected Industry, Schneider Electric EcoStruXure, etc, (ii) Life Cycle and Value Stream (IEC 62890) and (iii) Standards and Technologies for specifying and implementing different layers of the RAMI 4.0 vertical dimension (e.g. Big Data Reference Architecture, Collaborative Manufacturing Model (CMM), OPC UA Companion Specification, vertical and horizontal OT/IT Connectivity among ICPS, Edge/Fog and Cloud computing, etc.). Individual studies and analysis (technology and trend screening) of currently implemented industrial solutions for ICPS, performed by the students.</p>		
<b>Literatur</b>		
<p>Industrial Cloud-based Cyber-Physical Systems: The IMC-AESOP Approach. Springer, doi:10.1007/978-3-319-05624-1; DIN SPEC 91345:2016-04: Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0). DIN - VDI/VDE 2016; Industrial Internet Reference Architecture (IIRA). Industrial Internet Consortium. [Online]. Available: <a href="http://www.iiconsortium.org">http://www.iiconsortium.org</a>; Learning Industrial Cyber-Physical Systems and Industry 4.0-Compliant Solutions, doi: 10.1109/ICPS48405.2020.9274738.</p>		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>

A. W. Colombo	Industrial Cyber-Physical Systems	4
---------------	-----------------------------------	---

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>MII-Projekt 1 (MPJ1-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	MII-Project 1	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	1 (jedes Wintersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	10 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Pflichtmodul	
<b>Sprache(n)</b>	Deutsch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	30 h Kontaktzeit + 270 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>		
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Studentische Arbeit	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	Studiengangssprecher	
<b>Qualifikationsziele</b>	<p>Die Studierenden können die in verschiedenen Veranstaltungen separat erlernten Fähigkeiten unter realen Bedingungen kombiniert zur Lösung einer komplexen Fragestellung einsetzen. Sie können Methoden des Projektmanagement in konkreten Projekten anwenden und die Projektergebnisse dokumentieren. Die Studierenden können selbstständig wissenschaftliche Literatur erschließen, Konsequenzen für die eigene Arbeit daraus ableiten und bei der Lösung der Aufgaben im Rahmen des Projektes das Wissen zielorientiert umsetzen. Durch die Leitung von Projektteams lernen Sie herausgehobene Verantwortung zu übernehmen.</p>	
<b>Lehrinhalte</b>	Themen entsprechend des gewählten Projektes.	
<b>Literatur</b>	Literatur themenspezifisch zur Projektarbeit	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
Prüfungsbefugte laut MPO-A	Projekt 1	

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>MII-Projekt 2 (MPJ2-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	MII-Project 2	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	2 (jedes Sommersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	10 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Pflichtmodul	
<b>Sprache(n)</b>	Deutsch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	30 h Kontaktzeit + 270 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>		
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Studentische Arbeit	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	Studiengangssprecher	
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden können die in verschiedenen Veranstaltungen separat erlernten Fähigkeiten unter realen Bedingungen kombiniert zur Lösung einer komplexen Fragestellung einsetzen. Sie können Methoden des Projektmanagement in konkreten Projekten anwenden und die Projektergebnisse dokumentieren. Die Studierenden können selbstständig wissenschaftliche Literatur erschließen, Konsequenzen für die eigene Arbeit daraus ableiten und bei der Lösung der Aufgaben im Rahmen des Projektes das Wissen zielorientiert umsetzen. Durch die Leitung von Projektteams lernen Sie herausgehobene Verantwortung zu übernehmen.	
<b>Lehrinhalte</b>	Themen entsprechend des gewählten Projektes.	
<b>Literatur</b>	Literatur themenspezifisch zur Projektarbeit	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
Prüfungsbefugte laut MPO-A	Projekt 2	

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Masterarbeit (MAAB-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Master's Thesis	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	3 (nach Bedarf)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	30 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Pflichtmodul	
<b>Sprache(n)</b>	Deutsch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	50 h Kontaktzeit + 850 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>	Siehe 6 'Zulassung zur Masterarbeit' Masterprüfungsordnung (MPO) Teil B.	
<b>Empf. Voraussetzungen</b>		
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Masterarbeit mit Kolloquium	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Studentische Arbeit	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	Studiengangssprecher	
<b>Qualifikationsziele</b>	<p>In der Master-Thesis zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind, neue komplexe Aufgaben- und Problemstellungen aus den wissenschaftlichen, anwendungsorientierten oder beruflichen Tätigkeitsfeldern dieses Studiengangs zu bearbeiten und Prozesse in einem wissenschaftlichen Fach oder in einem strategieorientierten beruflichen Tätigkeitsfeld eigenverantwortlich zu steuern. Die Anforderungsstruktur ist durch häufige und unvorhersehbare Veränderungen gekennzeichnet. Die Studierenden sollen über ein umfassendes, detailliertes und spezialisiertes Wissen auf dem neuesten Erkenntnisstand in den Themenbereichen der Industrial Informatics, sowie über erweitertes Wissen in angrenzenden Bereichen verfügen. Die Studierenden sollen über spezialisierte fachliche oder konzeptionelle Fertigkeiten zur Lösung auch strategischer Probleme verfügen und auch bei unvollständiger Information Alternativen abwägen, sowie neue Ideen oder Verfahren entwickeln, anwenden und unter Berücksichtigung unterschiedlicher Beurteilungsmaßstäbe bewerten können. Die Studierenden sollen Gruppen im Rahmen komplexer Aufgabenstellungen verantwortlich leiten und ihre Arbeitsergebnisse vertreten, die fachliche Entwicklung anderer gezielt fördern und bereichsspezifische und bereichsübergreifende Diskussionen führen können. Die Studierenden sollen für neue anwendungs- oder forschungsorientierte Aufgaben Ziele unter Reflexion der möglichen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und kulturellen Auswirkungen definieren, geeignete Mittel einsetzen und hierfür Wissen eigenständig erschließen können.</p>	
<b>Lehrinhalte</b>	<p>Die Master-Thesis ist eine theoretische, empirische und/oder experimentelle wissenschaftliche Abschlussarbeit mit schriftlicher Ausarbeitung, die individuell durchgeführt wird. Die Arbeit wird abschließend im Rahmen eines Kolloquiums präsentiert.</p>	
<b>Literatur</b>	<p>Literatur themenspezifisch zur Masterarbeit</p>	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
Prüfungsbefugte laut MPO-A	Master-Thesis	

## 6.2 Wahlpflichtmodule

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Analytics &amp; Mathematics (ANMA-J17)</b>
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Analytics & Mathematics
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Sommersemester)
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Industrial Cyber-Physical Systems
<b>Sprache(n)</b>	Englisch
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>	
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	Mathematical knowledge at Bachelor level
<b>Verwendbarkeit</b>	MII
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Mündliche Prüfung oder Studienarbeit
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	E. Wings
<p><b>Qualifikationsziele</b>  Students have to be able to estimate and evaluate the numerical challenge of a large amount of data. With the support of a standard-software, students have to be able to analyse, assess and use selected algorithms for high-dimensional problems. On this basis, students will be able to assess the applicability of (commercial) software-packages in a scientific context. After learning the major characteristics of Analytics as component of an Industry 4.0- and/or IIRA-compliant digitalized eco-system, the students will have the possibility to investigate and applied in a prototype manner, different kind of Analytics for different application sectors.</p>	
<p><b>Lehrinhalte</b>  The importance of data analysis, especially of a large amount of data (Big Data), is growing in the areas of science and economy. The lecture approaches concepts, algorithms and technology for the analysis of a large amount of data. Numerical methods for solving high-dimensional linear and non-linear systems of equations, as well as the process for calibration and Maximum-Likelihood will be addressed. Analytics created using digitalized data and information provided by Industrial Cyber-Physical Systems are an essential component of digitalized environments, providing support for decision-making functions at different levels in industry, transportation, energy, health eco-systems (or combination of them). The lecture offers the possibility to understand different kind of analytics and how they can be integrated within Industry 4.0 (RAMI 4.0) and Industrial Internet Reference Architecture (IIRA) environments.</p>	
<p><b>Literatur</b>  Wu, James; Stephen Coggeshall, Stephen: Foundations of Predictive Analytics. Chapman and Hall/CRC, 2012  Bühlmann, Peter; Drineas, Petros; Kane, Michael; van der Laan, Mark: Handbook of Big Data. Chapman and Hall/CRC, 2016  The Industrial Internet of Things. Volume T3: Analytics Framework. Industrial Internet Consortium 2017.  AI-Guide Platform 4.0. 2020.  What Is Data and Analytics? <a href="https://www.gartner.com/en/topics/data-and-analytics">https://www.gartner.com/en/topics/data-and-analytics</a>  R Core Team: R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich <a href="http://www.R-project.org/">http://www.R-project.org/</a>.</p>	
<p><b>Hinweis</b>  MII-students who do not follow a certificate programme have to choose either 'Analytics &amp; Mathematics' or 'Mathematik in der Robotik' as a mandatory module.</p>	
<b>Lehrveranstaltungen</b>	

<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
E. Wings, A. W. Colombo	Analytics & Mathematics	4



<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Digital Economy &amp; Society (DEAS-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Digital Economy & Society	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (nach Bedarf)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul	
<b>Sprache(n)</b>	Englisch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>		
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Klausur 1,5h oder mündliche Prüfung oder Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung, Seminar, studentische Arbeit	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	J. Mäkiö	
<b>Qualifikationsziele</b>		
Students understand, describe and analyze the impact of digital technology on business and society. Students are able to identify, analyze and describe the challenges of the digital age for institutions and individuals. Students are able to describe the requirements and challenges of digital technology and the economy, and analyze their mutual dependencies. Students understand the necessity of the organizational change management and are able to create and describe the organizational change management process by digital digitization of organization.		
<b>Lehrinhalte</b>		
Caused by the digitization of society, the boundaries between countries and cultures increasingly lose their importance. Especially this shift may be noticed at the organizational and at the individual level. Consequently, organizations, businesses, governments and individuals face novel opportunities and challenges caused by the digitization of products and processes. The digitization process is a challenging change for all stakeholders. This change need to be managed to be successful. This course deals on the one hand with change management of the digitization in organizations and businesses and on the other hand with links and dependencies between digital technology and organizational digitization as well as their effects on the economy, society, organizations and individuals.		
<b>Literatur</b>		
Brynjolfsson, E., McAfeeRace, A.: Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy, Digital Frontier Press, 2011		
Kehal, H., Singh, V.: Digital Economy: Impacts, Influences, and Challenges, Idea Group Publishing, 2005		
Peitz, M., Waldfoe, J.: The Oxford Handbook of the Digital Economy, Oxford University Press, 2012		
Petry, T.: Digital Leadership: Erfolgreiches Fuehren in Zeiten der Digital Economy, Haufe, 2016		
Albach, H., Meffert, H., Pinkwart, A. Reichwald, R. (Hg.): Management of permanent change. New York, Springer Gabler 2015.		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
M. Krüger-Basener	Change Management of Organizational Digitization	2
J. Mäkiö	Economic Aspects of Industrial Digitalization	2

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Digitale Signalverarbeitung (DSVA-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Digital Signal Processing	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Wintersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Informationsverarbeitung für cyber-physische Systeme	
<b>Sprache(n)</b>	Deutsch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	Nachrichtentechnik	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Klausur 1,5 h oder Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminar	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	J.-M. Batke	
<b>Qualifikationsziele</b>		
<p>Die digitale Signalverarbeitung ist eine Schlüsseltechnologie des Informationszeitalters. In zahllosen Geräten vom Smartphone über elektronische Systeme im Kraftfahrzeug bis hin zu medizinischen Analyseverfahren spielt die Analyse und Verarbeitung von Signalen eine zentrale Rolle. Die Vorlesung versetzt Studierende in die Lage, zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale zu analysieren und zu charakterisieren. Sie kennen typische Verarbeitungsmethoden im Frequenzbereich und im Zeitbereich und können diese in Matlab oder Python anwenden. Studierende kennen Entwurfskonzepte und -kriterien für digitale Filter und sind in der Lage, diese in Matlab oder Python zu entwerfen und auf reale Signale anzuwenden und die Ergebnisse in einem wissenschaftlichen Umfeld präsentieren zu können. Weiterhin verstehen die Studierenden die Besonderheiten stochastischer Signale und sind in der Lage, diese mit geeigneten statistischen Methoden zu analysieren. Dem Einsatz von Matlab oder Python zur Verfestigung der theoretischen Inhalte kommt in dieser Vorlesung eine besondere Bedeutung zu.</p>		
<b>Lehrinhalte</b>		
<p>Wiederholung von Grundlagen (z.B. Faltung, Signaltypen, Matlab, Python), Signalverarbeitung im Frequenzbereich, Signalverarbeitung im Zeitbereich, Entwurf digitaler Filter, Analyse und Verarbeitung stochastischer Signale</p>		
<b>Literatur</b>		
<p>Werner, M.: Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB, Vieweg + Teubner, 2012.  Grüningen, D.: Digitale Signalverarbeitung mit einer Einführung in die kontinuierlichen Signale und Systeme, Hanser, 2014.  Stein, U.: Programmieren mit MATLAB - Programmiersprache, Grafische Benutzeroberflächen, Anwendungen, Hanser, 2015.</p>		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
J.-M. Batke	Digitale Signalverarbeitung	4

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Digitalization &amp; Virtualization of ICPS (DVOI-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Digitalization & Virtualization of ICPS	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Wintersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Industrial Cyber-Physical Systems	
<b>Sprache(n)</b>	Englisch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	Teilnahme an Modul 'ICPS' and Modul 'Engineering ICPS'	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Kursarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung, Seminar	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	A. W. Colombo	
<b>Qualifikationsziele</b>		
<p>Within a modular reconfigurable smart industrial environment, industrial cyber-physical systems (ICPS) manage, control and monitor physical processes, create a digital copy (cyber-shadow, digital twin (DT)) of the physical world, provide a big, sometimes very big, amount of digitalized data and information exposed in an Internet-based Communication/Information/Service network, and communicate and cooperate with each other and humans in real time. Via the Internet-of-Services, both internal and cross-organizational services can be exposed and/or consumed by participants of the whole networked value chain to perform innovative business. Knowing the technological concepts of ICPS, IIoT and IIoS, the students will understand the set of steps required to digitalize HW- and SW-components and systems of an industrial eco-system. Using Asset Administration Shell (AAS) and Digital Twin (DT) technology, both 'Physical' and 'Cyber' parts of ICPS ('digitalized Things' or 'I4.0-components') will be specified, developed and prototype implemented for exemplary use cases.</p>		
<b>Lehrinhalte</b>		
<p>Learning the engineering process for digitalizing and networking 'Things'/'Assets' located within an IEC 62264 / IEC 61512 infrastructure, migrating them to be Industrial Cyber-Physical Components. Learning a set of technologies and architectural patterns to enable the digitalization of industrial cyber-physical systems under the DIN SPEC 91345:2016-04 (RAMI 4.0) and Industrial Internet-Reference Architecture (II-RA) standards. Using the Asset Administration Shell (AAS) as backbone technology, students will learn approaches, standards and tools for specifying and prototype implementing the 6 layers of the vertical dimension of RAMI 4.0 in real industrial use cases. Acquiring background knowledge for specifying and implementing service-oriented, edge- and cloud-based and agent-based functional and business processes; virtualizing, building digital models in a learning factory, performing simulation of production systems.</p>		
<b>Literatur</b>		
<p>Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems. The IMC-AESOP Approach, doi:10.1007/978-3-319-05624-1; DIN SPEC 91345: The Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0). ZVEI - German Electrical and Electronic Manufacturers' Association, Automation Division; Engineering human-focused Industrial Cyber-Physical Systems in Industry 4.0 context, doi:10.1098/rsta.2020.0366; A Survey on Edge and Edge-Cloud Computing Assisted Cyber-Physical Systems, doi: 10.1109/TII.2021.3073066; <a href="https://www.iiconsortium.org/pdf/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts-and-Application-Joint-Whitepaper.pdf">https://www.iiconsortium.org/pdf/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts-and-Application-Joint-Whitepaper.pdf</a>.</p>		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>

A. W. Colombo	Digitalization of Industrial Cyber-Physical Systems	2
A. Pechmann	Simulation of Production Systems	2

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Engineering ICPS (EICP-J17)</b>
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Engineering ICPS
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Sommersemester)
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Industrial Cyber-Physical Systems
<b>Sprache(n)</b>	Englisch
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>	
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Klausur 1,5h oder mündliche Prüfung
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung, Seminar
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	A. W. Colombo

#### Qualifikationsziele

ICPS are not merely networked embedded systems but software-intensive, distributed systems with the capability to evolve, to adapt in a structural and behavioral manner, to collaborate and to generate emergent behaviors not specified during the design phase. These new industrial infrastructures are complex System of Systems (SoS) that are empowering new sophisticated engineering, enterprise-wide monitoring, control and management approaches. To this end, supporting engineering tools also need to be networked and integrated. Students will understand the different phases of the ICPS Life Cycle, e.g. design through development, commissioning, deployment, operation and maintenance of the digitalized industrial environment and will be enabled to apply formal mathematical modelling techniques to analyse the behavior of these collaborating distributed systems.

#### Lehrinhalte

Applying the 5 Mayer principles and the standard IEC 62890, the students will learn, using examples and case studies from real industrial ICPS, the product and production system engineering life cycle with the value streams it contains. Life cycles in various dimensions that are of relevance to the engineering of ICPS will be studied, such as e.g.: (i) Product; (ii) Production Order; (iii) Factory: A factory also has a life cycle, it is financed, planned, constructed and recycled. A factory integrates production systems and machines from various manufacturers; and (iv) Machine: A machine is ordered, designed, commissioned, operated, serviced, converted and recycled. The students will learn how to deal with a consistent data model during the whole life cycle of an ICPS and how to combine value chain for types and instances of ICPS in a unique model. Engineering Methods, based on High-level Petri Nets Theory, Queue Theory, Process Algebra and Functional Analysis, for modelling, qualitative and quantitative analysis, validation and prototype implementation of ICPS will be learnt by applying them to real industrial ICPS case studies.

#### Literatur

- Jamshidi, M.: Systems of Systems Engineering. Principles and Applications. CRC Press, 2009.
- IEC CD 62890: IEC 62890: Life-cycle management for systems and products used in industrial-process measurement, control and automation.
- Towards a European Roadmap on Research and Innovation in Engineering and Management of Cyber-Physical Systems of Systems. Available: [www.cpsos.eu](http://www.cpsos.eu).
- Fokkink, W.: Introduction to Process Algebra. Springer Verlag 2007.
- Adan, I., J. Resing: Queueing Systems. Eindhoven University of Technology, The Netherlands.
- Groote, J.F., M.R. Mousavi: Modeling and Analysis of Communicating Systems. MIT Press, 2015.

<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
A. W. Colombo	Life Cycle Engineering of ICPS	2
A. W. Colombo, G. J. Veltink	Mathematical Modelling of ICPS	2

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Industrial Data Transport Technologies (IDTT-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Industrial Data Transport Technologies	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Wintersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Industrial Cyber-Physical Systems	
<b>Sprache(n)</b>	Englisch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>		
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminar, Praktikum	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	Studiengangssprecher	
<b>Qualifikationsziele</b>		
<p>In implementing Industrial Cyber Physical Systems, the aim is to create an optimal overall package by leveraging existing technological and economic potential through a systematic innovation process, with focus on the following overarching aspects: (i) Horizontal data, information and functional integration through value networks, (ii) End-to-end digital integration of engineering across the entire value chain and (iii) Vertical integration and networked CPS systems. Behind these different Integration aspects are two major structural and behavioural specifications that have to be addressed: structural connectivity and functional / behavioural interoperability between ICPS; that is, ICPS structures are not fixed and predefined. The students will learn how to use the prevalent data and information transport technology and IT configuration rules to automatically build a specific structure (topology) for every situation, including all the associated requirements in terms of models, data, communication, semantic and algorithms.</p>		
<b>Lehrinhalte</b>		
<p>In order to deliver integration, it is essential to ensure end-to-end digital integration of actuator and sensor signals across different levels right up to the upper levels of an enterprise. It is also necessary to develop modularization and reuse strategies in order to enable ad hoc networking and reconfigurability of ICPS systems, together with the appropriate smart system capability descriptions. Moreover, foremen, operators and MII-students need to be trained to understand the impact of the emergent data transport technologies on the running and operation of real industrial applications of ICPS. Basic concepts and overview of technologies that are used to perform data and information exchange between ICPS-components will be studied, such as: (i) XML (XML-Schema, DTD, XSLT); (ii) JSON; (iii) Web-Service Technologien; (iv) RPC, SOAP, REST, WSDL; (iv) Enterprise Integration Patterns, (v) IoT Protokolle; (vi) MQTT and alternative solutions like ZeroMQ, AMQP, etc. (vi) Industrial communication protocols and data formats such as OPC/OPC-UA, AutomationML, B2MML). In a complementary way to the contents of the ICPS-module, the students will learn, with emphasis in industrial use cases, the specifications and major characteristics of technologies used in the 4 first digitalization layers of the RAMI4.0.</p>		
<b>Literatur</b>		
<p>Information-Driven Production (Smart Manufacturing in Action). ARC Advisory Group. 2015.  <a href="https://isa-95.com/b2mml/">https://isa-95.com/b2mml/</a>; <a href="https://opcfoundation.org/">https://opcfoundation.org/</a></p>		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
O. Bergmann	Industrial Data Transport Technologies	2
O. Bergmann	Praktikum Industrial Data Transport Technologies	2

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Industrielle Bildverarbeitung (IBVA-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Machine Vision	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Sommersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Informationsverarbeitung für cyber-physische Systeme	
<b>Sprache(n)</b>	Deutsch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	Algorithmen und Datenstrukturen	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Klausur 1,5 h oder mündliche Prüfung oder Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung, Praktikum	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	C. Koch	
<b>Qualifikationsziele</b>		
Die Studierenden sollen das aus dem Bachelorstudium bekannte Wissen über die Modellierung und Analyse von Daten und Signalen festigen und erweitern, indem sie grundlegende Elemente und Algorithmen der industriellen Bildverarbeitung kennenlernen. Sie verstehen die Struktur der Bildverarbeitungskette, können sie anwenden und sind fähig, einfache Aufgaben der Bildverarbeitung im industriellen Umfeld praktisch zu lösen und in einem wissenschaftlichen Kontext einsetzen zu können.		
<b>Lehrinhalte</b>		
Die vermittelten Inhalte werden durch die Studenten am Beispiel definierter Bildverarbeitungsaufgaben praktisch erprobt. Als Software-Werkzeug zur Analyse und Darstellung mathematischer oder technischer Zusammenhänge dient hierbei Matlab/Simulink oder Python. Stichworte: Bildsensorik, optische Abbildung, lokale Bildoperatoren zur Signalfaltung und Korrelation im Orts- und Frequenzraum, Entwurf von linearen und nichtlinearen Bildverarbeitungsfiltern, morphologische Operatoren, Verfahren zur Bildsegmentierung, Merkmalsextraktion, Mustererkennung mittels k-Nearest-Neighbor-Algorithmus, Bayes-Klassifikator und Neuronalen Netzen		
<b>Literatur</b>		
Gonzalez, Woods: Digital Image Processing, Prentice Hall, 3rd edition, 2008 Bässmann, H.: Ad Oculos - Digital Image Processing, International Thomson Publishing, 2007. Chapman, S.: MATLAB Programming for Engineers, Thomson International Student Edition, 2004		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
C. Koch	Industrielle Bildverarbeitung	2
C. Koch	Praktikum Industrielle Bildverarbeitung	2



<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Innovation Management (INOV-J17)</b>
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Innovation Management
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (nach Bedarf)
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul
<b>Sprache(n)</b>	Englisch
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>	
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Klausur 1,5h oder mündliche Prüfung oder Studienarbeit
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung, Seminar, Studentische Arbeit
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	J. Mäkiö

#### Qualifikationsziele

This course consists of two parts. The first part deals with flexible and original thinking and scientific writing. Students will learn the concepts of personal thinking preferences, elimination of mental blocks, techniques for creative thinking, idea selection and techniques for creative group processes.

The second part deals with the Open Innovation. Students will understand this new paradigm based on principles of integrated collaboration, co-created shared value, cultivated innovation eco-system, unleashed exponential technologies and extraordinarily rapid adoption. The probability of break-away improvements increases as a function of diverse multidisciplinary experimentation. As experiments cannot simply be conducted in isolation, students will learn collaborative learning and researching in order to accelerate the innovative process in direction tangible and particularly service-oriented intangible products and solutions.

With the advances in global information and communication technologies, the process and practices of innovation are evolving, so that innovation is a discipline that is moving from being something invented by a brilliant student/engineer/researcher to an ecosystem-centric view of innovation, where the ecosystem is often the distinguished unit of success.

#### Lehrinhalte

Innovation in engineering and software development, creative problem solving and idea generation, idea evaluation techniques, write workshop, major characteristics of the Open Innovation paradigm (OI2.0), innovation model based on extensive networking and co-creative collaboration between all actors in society, Industrial Patent Processes linking Innovation and Patentability, the use of Patent-Office-Databases, validating 'patentability' and 'innovation aspects', new business models associated to IoT and IoS paradigms, application of Service-Level Agreements to Innovation process, Intellectual Property Rights (IPR Management and Risk Analysis, Technology Readiness Levels (TRLs) and Innovation capabilities, understanding and managing the process of generating Research and Innovation Actions

#### Literatur

Savransky, S. D., Engineering of Creativity: Introduction to Triz Methodology of Inventive Problem Solving: Introduction to Triz Methodology of Inventive Problem Solving, CRC Press, 2000.

Missikoff, M., Canducci, M., Maiden N., Enterprise Innovation: From Creativity to Engineering, WILEY, 2015.  
Intel Labs Europe, EU-OISPG: Open Innovation 2.0: A new paradigm EU HORIZON2020, Extract from Part 19 - Commission Decision C(2014)4995 [https://esto.nasa.gov/files/trl\\_definitions.pdf](https://esto.nasa.gov/files/trl_definitions.pdf)

#### Lehrveranstaltungen

<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
A. W. Colombo, E. Wings	Innovation Processes for ICPS	2
J. Mäkiö	Creativity Techniques and Scientific Writing	2

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>IoT Data Processing (ITDP-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	IoT Data Processing	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (nach Bedarf)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul	
<b>Sprache(n)</b>	Englisch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	Programmieren auf Bachelor-Niveau (z.B. in C++, Java, Python)	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminar, Praktikum	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	N. Streekmann	
<b>Qualifikationsziele</b>	<p>The students gain detailed knowledge about current architectures, methods, and technologies for the processing of large data sets as well as essential concepts of the Internet of Things. They are able to apply this knowledge in the context of concrete projects. They are capable of evaluating the practicality of current frameworks to real life problems and to assess future developments in this rapidly developing field.</p>	
<b>Lehrinhalte</b>	<p>The module is designed to impart an overview of current data processing architectures (e.g. Lambda, Kappa, Dataflow) and frameworks, such as Storm, Spark, Beam and Flink. Furthermore it covers important application areas of IoT technologies. During the semester students will bring together the knowledge in these topics by applying data processing technology to concrete IoT projects.</p>	
<b>Literatur</b>	<p>Kleppmann, M.: Designing Data-Intensive Applications, O'Reilly, 2017.</p>	
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
N. Streekmann, N. N.	IoT Data Processing	4

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Mathematik in der Robotik (MARO-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Mathematics in Robotics	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Wintersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Informationsverarbeitung für cyber-physische Systeme	
<b>Sprache(n)</b>	Deutsch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	Mathematik 1, 2, 3	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII, MMB	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Erstellung und Dokumentation von Rechnerprogrammen	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung, Studentische Arbeit	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	E. Wings	
<b>Qualifikationsziele</b>		
Die Studierenden sollen die numerischen Herausforderungen in der Robotik einschätzen und beurteilen können. Sie sollen ausgewählte Algorithmen - auch mit Hilfe einer Standard-Software - analysieren, bewerten und anwenden können. Auf dieser Basis können sie (kommerzielle) Realisierungen hinsichtlich deren Anwendbarkeit und Qualität bewerten und in Forschungsprojekten zur Anwendung bringen können.		
<b>Lehrinhalte</b>		
In der Praxis der Industrieroboter werden sehr verschiedene Algorithmen angewendet. In dieser Vorlesung werden Algorithmen für die Wegplanung als auch für die Trajektorien für serielle als auch für parallele Kinematiken erarbeitet. Auf der Basis der numerischen Grundlagen von Interpolation und Approximation mittels Polynomen und Spline-Funktionen werden deren Anwendung in der Robotik dargestellt. Weiterführend wird die Bahnplanung mit Hilfe von Spline-Funktionen unter Berücksichtigung diverser Anforderungen untersucht. Zum Beispiel werden Blending-Algorithmen und Berechnung von Offsetkurven dargestellt. Grundlegende Algorithmen für Spline-Funktionen, z.B. die Längenberechnung und die Reparametrierung, werden zur Trajektorienberechnung verwendet. Die Vor- und Nachteile verschiedener Bewegungscharakteristiken beleuchtet.		
<b>Literatur</b>		
Chang, Kuang-Hua: e-Design - Computer-Aided Engineering Design; Elsevier, 2015 Biagiotti, Luigi; Melchiorri, Claudio: Trajectory planning for automatic machines and robots; Springer, 2008 Corke, Peter: Robotics, Vision and Control - Fundamental Algorithms in MATLAB; Springer, 2011		
<b>Hinweis</b>		
MII-Studierende, die nicht nach einem der beiden Zertifikate studieren, müssen als Pflichtmodul entweder 'Mathematik in der Robotik' oder 'Analytics & Mathematics' belegen.		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
E. Wings	Mathematik in der Robotik	4

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Mixed-Reality Technologies (MRTN-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Mixed-Reality Technologies	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Sommersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Informationsverarbeitung für cyber-physische Systeme	
<b>Sprache(n)</b>	Deutsch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>		
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Klausur 1,5 h oder Studienarbeit	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminar	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	T. Pfeiffer	
<b>Qualifikationsziele</b>		
Die Studierenden verfügen über ein fundiertes, anwendungsorientiertes Wissen über die Grundlagen von Mixed-Reality Technologien. Sie kennen verschiedene Einsatzgebiete und konkrete Lösungen auf Basis von Mixed-Reality-Technologien. Basierend auf diesem Wissen können sie eigene Lösungen konzipieren und die Kenntnisse auf andere Aufgabenstellungen übertragen.		
<b>Lehrinhalte</b>		
Es werden die Grundlagen der verschiedenen Technologien behandelt, die gemeinsam die Basis für Mixed-Reality Technologien bilden.		
1. Grundlagen		
1.1 Definition von Augmented und Virtual Reality		
1.2 Anwendungsbeispiele		
1.3 Ausgabegeräte		
1.4 Interaktionsgeräte		
1.5 Aufbau/Komponenten eines AR/VR Systems		
1.6 Computergrafik und Szenengraphen		
1.7 Computervision und Tracking		
1.8 Frameworks für AR/VR		
2 Anwendung		
2.1 Training mit VR/AR		
2.2 Assistenz mit VR/AR		
3 Wechselnde Vertiefungsthemen je nach Stand der Forschung		
3.1 Beispiele: Spatial Computing, Spatial Anchoring, Cloud AR, Eye-Tracking in VR, Motion Capturing, Photogrammetrie		
Die grundlegenden Lehrinhalte werden in Vorlesungsform vermittelt und anhand von praktischen Aufgaben vertieft.		
<b>Literatur</b>		
Dörner, R.; Broll, W.; Grimm, P.; Jung, B.: Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Springer Verlag, 2. Auflage, 11. Oktober 2019.		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
T. Pfeiffer	Vorlesung Mixed-Reality Technologies	2



<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Mobile Robotics (MROB-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Mobile Robotics	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (nach Bedarf)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul	
<b>Sprache(n)</b>	Englisch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>	C/C++ Programmierung, Matlab Seminar	
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Studienarbeit oder mündliche Prüfung	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminar	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	G. Kane	
<b>Qualifikationsziele</b>		
The goal of the course is for students to learn the fundamental concepts and algorithms central to Mobile Robotics. Through lectures and hand-on practical examples, the students should gain an understanding of the hardware structure of mobile robots; the choices of sensors and actors, the associated kinematics and sensor models and the impact of these choices on the aforementioned software algorithms.		
<b>Lehrinhalte</b>		
The hardware components of a mobile robot, the kinematics of mobile robots, odometry models, probabilistic sensor models, mapping algorithms, SLAM, path planning, image processing, simulation based development, Robot Operating System (ROS)		
<b>Literatur</b>		
Corke, P.: Robotics, Vision and Control, Springer 2017 Thrun : Probabilistic Robotics, MIT Press 2005 Bräunl T.: Embedded robotics : Mobile robot design and applications with embedded systems, Springer 2006		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
G. Kane	Mobile Robotics	4

<b>Modulbezeichnung (Kürzel)</b>	<b>Robotic Systems (ROSY-J17)</b>	
<b>Modulbezeichnung (eng.)</b>	Robotic Systems	
<b>Semester (Häufigkeit)</b>	WPM (jedes Sommersemester)	
<b>ECTS-Punkte (Dauer)</b>	5 (1 Semester)	
<b>Art</b>	Wahlpflichtmodul Zertifikat Industrial Cyber-Physical Systems und Zertifikat Informationsverarbeitung für cyber-physische Systeme	
<b>Sprache(n)</b>	Englisch	
<b>Studentische Arbeitsbelastung</b>	60 h Kontaktzeit + 90 h Selbststudium	
<b>Voraussetzungen (laut MPO)</b>		
<b>Empf. Voraussetzungen</b>		
<b>Verwendbarkeit</b>	MII	
<b>Prüfungsart und -dauer</b>	Klausur 1,5 h oder mündliche Prüfung	
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung, Praktikum	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	A. W. Colombo	
<b>Qualifikationsziele</b>		
<p>The students understand and are able to describe the mechatronics and SW structure of robots. They have know-how about robotic applications, centered around industrial processes. In these areas they gain knowledge about both, the hardware components of robots, their many sensors, actuators, and physical configurations, as well as the algorithmic kinematics and dynamics and software components required to drive them. The students become familiar with the periphery of a standard industrial robotic cell, and its interaction in the complete process environment. Knowledge about standard SW-Interfaces to integrate robots in an Industrial Cyber-Physical System are acquired by learning the robot as a CPS-component within a RAMI4.0-compliant automation architecture. The students are to gain an insight in the emerging trends in the fields of robotics, Man-Machine Interaction, Light Weight Robots and the widening fields of robotics in an industrialized nation, including Medical Robotics, Agricultural Robots, Search and Rescue Robots and more.</p>		
<b>Lehrinhalte</b>		
<p>Overview of different types of robots including structural and behavioral specifications: working-space, energy-sources, etc. Introduction to Robotic Kinematics (forward and backward), Robotic Dynamics. HW- and SW- Interfaces for integrating the robot in an industrial flexible cell. Selection of different types of Sensors, Actuators and Grippers as well as their application domains. Overview of current and emerging fields for robotics: Industrial Robotics, Medical Robotics, Delivery Robotics, Agricultural Robotics. Overview of traditional industrial robotized processes: welding, cutting, cleaning, palletizing, tendering, assembly/disassembly: which kind of robot and energy source is recommendable for each kind of application. SW-Communication Interfaces for connecting a robot to a ICPS-based service cloud. Introduction to ROS, IROS, SKIROS (Robot Operating Systems). Combining seminars and practical projects, contents will be adapted to the latest outcomes of research and Innovation projects of the I2AR Institute.</p>		
<b>Literatur</b>		
<p>John J Craig: Introduction to Robotics, Mechanics and Control. Prentice Hall 2003.  Heimann, B., Gerth, G. und Popp, K.: Mechatronik, 3. Auflage, Hanser 2007.  Roddeck, W.: Einführung in die Mechatronik, Teubner, Stuttgart, 1997.  Vogel, J.: Elektrische Antriebe, Hüthig, Berlin, 1988.  Steven M. LaValle, Planning Algorithms, Cambridge University Press, 2006</p>		
<b>Lehrveranstaltungen</b>		
<b>Dozenten/-innen</b>	<b>Titel der Lehrveranstaltung</b>	<b>SWS</b>
G. Kane	Robotic Systems 1	2

A. W. Colombo	Robotic Systems 2	2
---------------	-------------------	---