

Master Maschinenbau & Digitalisierung\_Graduate Campus\_SPO 901

# **MODULHANDBUCH**

EPO-Version 901

Stand: 08.11.2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>Semester 1</b> .....	4
Mathematische Simulationsmethoden .....	5
Systemsimulation .....	7
Design of Experiments .....	9
Dynamik mechanischer Systeme .....	11
 <b>Semester 2</b> .....	 13
Digitale Produktentwicklung .....	14
Advanced CAE-Simulation .....	16
Nachhaltige Produktentwicklung im Leichtbau .....	18
Precision Engineering .....	21
Innovation Management & New Business Development .....	23
 <b>Semester 3</b> .....	 25
Digitale Produktion .....	26
Requirements Engineering .....	28
Advanced Manufacturing .....	30
Mechatronische Systementwicklung .....	33
Automatisierungssysteme .....	35
Embedded Systems .....	38
Additive Manufacturing .....	40
Applied Machine Learning .....	42
 <b>Semester 4</b> .....	 44
Masterthesis/Begleitveranstaltung .....	45
Transferprojekt .....	47

Hinsichtlich der Verteilung der Module auf die einzelnen Semester kann es aus organisatorischen Gründen Abweichungen vom Curriculum geben. Es wird aber gewährleistet, dass es durch die Verschiebung zu keiner Beeinträchtigung der Studierbarkeit kommt.

### **Verwendete Abkürzungen der Prüfungsarten:**

AB = Auswertungsbericht	LA = Laborarbeit
BA = Bachelorarbeit	MA = Masterarbeit
BE = Bericht	ML = Mündliche Leistung
BL = Blockveranstaltung	MP = Mündliche Prüfung
BV = Besonderes Verfahren	PA = Projektarbeit
EW = konstruktiver Entwurf	PK = Protokoll
HA = Hausarbeit	PO = Portfolio
HR = Hausarbeit/Referat	PR = Praktische Arbeit
KL = Klausur	RE = Referat
KO = Konstruktion	ST = Studienarbeit
KO = Kolloquium	TE = Testat
PLS = Hausarbeit / Forschungsbericht	PLM = mündliche Prüfung
PLK = schriftliche Klausurarbeiten	PLR = Referat
PLL = Laborarbeit	PLE = Entwurf
PLA = Praktische Arbeit	PLT = Lerntagebuch
PLF = Portfolio	PLP = Projekt
PLC = Multimedial gestützte Prüfung (E-Klausur)	PPR = Praktikum
PMC = Multiple Choice	

## **Semester 1**

---

## Mathematische Simulationsmethoden

---

Die Lehrveranstaltung gibt einen Überblick über ein breites Spektrum an mathematischen Methoden, die der Modellierung und Simulation technischer Fragestellungen zu Grunde liegen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, für verschiedene Aufgabenstellungen geeignete Methoden zu bestimmen und anzuwenden. Außerdem können sie die Anwendungssoftware Matlab-Simulink einsetzen und den Einsatz zur Anwendung der erlernten Methoden ermitteln.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Gerrit Nandi
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	8 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	112 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: Keine Inhaltlich: Grundkenntnisse der Ingenieur-Mathematik aus dem Bachelorstudium. Für die Anwendungen sind Grundkenntnisse der Technischen Mechanik (aus dem Bachelorstudium) notwendig.
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Mathematische Simulationsmethoden
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100 % PLK (Klausur)
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Gerrit Nandi
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## Lehrinhalte

1. Mathematische Grundlagen (Lineare Algebra, insbesondere Eigenwertprobleme; bei Bedarf Vektoranalysis)
2. Mathematische Modellbildung und Anwendung mit MATLAB/Simulink
3. Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen, autonome Systeme (mit Anwendungen)
4. Numerische Verfahren zur Lösung von Anfangs- und Randwertproblemen
5. Partielle Differentialgleichungen (mit Anwendungen)
6. Fouriertransformation, DFT/FFT (und Anwendungen mit MATLAB)
7. Optional: Funktionalanalysis (kurz)

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können ein breites Spektrum an mathematischen Verfahren definieren, um darauf aufbauend rechnergestützte Simulationen, Berechnungen und Analysen durchzuführen. Insbesondere können sie die numerische Behandlung von Differentialgleichungen bestimmen und die dabei auftretenden Fehlermöglichkeiten und Modellgrenzen beurteilen. Des Weiteren sind sie in der Lage, komplexe mathematische Zusammenhänge, Aussagen und Berechnungen zu analysieren und auf technische Fragestellungen anzuwenden. Die Teilnehmenden können die Ergebnisse ihrer Berechnungen, Analysen und ggf. Simulationen beurteilen. Außerdem können sie die in MATLAB bzw. Simulink erhaltenen Ergebnisse einschätzen und bewerten.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sich in Lerngruppen zu organisieren und gemeinsam mathematische Probleme zu analysieren und zu lösen. Sie sind imstande, einer quantitativen Lehrveranstaltung zu folgen, die Lerninhalte selbstständig zu wiederholen und in Übungen anzuwenden, um ihr Wissen zu vertiefen.

## Literatur

Es wird stets die aktuellste Auflage zu Grunde gelegt.

- Arens, T. et al.: Mathematik, Spektrum Akademischer Verlag.
- Burg/ Haf/ Wille: Höhere Mathematik für Ingenieure, Band II bis V, Teubner/ Springer. Meyberg / Vachener: Höhere Mathematik, Band 1 und 2, Springer.
- Braun, M.: Differentialgleichungen und ihre Anwendungen, Springer Verlag
- Koch, J., Stämpfle, M.: Mathematik für das Ingenieurstudium, Hanser Verlag.
- Papula, L.: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler 1, 2 und 3, Vieweg Teubner Verlag.
- Roos, H.-G.; Schwetlick, H.: Numerische Mathematik, Teubner Verlag.
- Hanke-Bourgeois, Martin: Grundlagen der numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens, Teubner Verlag.
- Scherf, Helmut: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenbourg Verlag
- Angermann, Anne et al.: MATLAB – Simulink – Stateflow, De Gruyter Oldenbourg Verlag.

---

## Systemsimulation

---

Die Lehrveranstaltung liefert die Grundlagen für die Modellierung und Simulation von mechatronischen Systemen mit dem Ziel das dynamische Verhalten zu analysieren und die Systeme auszulegen bzw. zu optimieren. Die Teilnehmenden sind in der Lage, für unterschiedliche technische Anwendungen aus dem Bereich des Maschinenbaus und Automotive geeignete Simulationsmodelle zu entwickeln. Außerdem können sie die Anwendungssoftware MATLAB Simulink® zur dynamischen Simulation konfigurieren und einsetzen.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Jürgen Baur
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: Keine Inhaltlich: Grundkenntnisse der Ingenieur-Mathematik aus dem Bachelorstudium; fundierte Kenntnisse in Technischer Mechanik, Grundkenntnisse in Antriebstechnik, Sensorik und Automatisierungs-technik.
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Systemsimulation
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLK
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Jürgen Baur
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

1. Grundlagen der M-Skript-Programmierung
2. Einführung in MATLAB Simulink
3. Modellbildung elektromechanischer Systeme
4. Eingebettete MATLAB Funktionen
5. Dynamische Zeitsimulation und Signalanalyse
6. Lineare Systemanalyse im Frequenzbereich
7. Grundlagen der Reglerparametrierung

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden können die Grundlagen der Simulationstechnik für dynamische technische Systeme beurteilen, speziell Applikationen aus dem Maschinenbau und dem Automotive-Bereich. Sie sind in der Lage eigenständig Simulationsmodelle aus physikalisch-technischen Grundgesetzen abzuleiten und einer Simulation zuzuführen. Zudem sind sie fähig nichtlineare Differenzialgleichungen mit Kennlinien in Modelle zu übertragen, welche mit numerischen Integrationsverfahren gelöst werden können. Ebenso können sie nichtlineare Systeme für eine Reglerparametrierung linearisieren und die Ergebnisse im Frequenzbereich beurteilen. Die Teilnehmenden können die Ergebnisse einer numerischen Simulation ermitteln, diese interpretieren und daraus Entscheidungen für die Systementwicklung treffen. Sie können die Möglichkeiten, Vorteile, aber auch die Grenzen eines Simulationstools beurteilen.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sich in Lerngruppen zu organisieren und gemeinsam Simulationsaufgaben zu bestimmen. Sie sind imstande, die Lerninhalte selbstständig zu wiederholen und in Übungen anzuwenden, um ihr Wissen zu vertiefen. Im Rahmen von Übungsprojekten können die Studierenden ihr eigenes Verhalten im Team reflektieren, Konflikte analysieren und Lösungsstrategien entwerfen.

## **Literatur**

- Scherf, Helmut: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenbourg Verlag, 2010.
- Angermann, Anne et al.: MATLAB – Simulink – Stateflow, De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2021.
- Baur, J.: Modellbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme, de Gruyter Oldenbourg Verlag, 2023.



---

## Design of Experiments

---

Die Lehrveranstaltung gibt einen Überblick über Design of Experiments. Die Teilnehmenden lernen, Versuchspläne so aufzustellen, dass sie aus möglichst wenigen Versuchen möglichst viel Wissen über die Wirkzusammenhänge in ihren Produkten und Prozessen gewinnen. Sie können Versuche systematisch planen und die Ergebnisse mit einer kommerziellen Software auswerten. Sie sind in der Lage, geeignete Modelle an die Daten anzupassen, die Ausgaben der Software zu interpretieren und so die Eignung der Modelle und die Qualität der Daten zu beurteilen und schließlich optimale Einstellungen für die Produkt- bzw. Prozessparameter abzuleiten.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Wilhelm Kleppmann
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: Keine Inhaltlich: Grundkenntnisse Statistik und Excel aus dem Bachelor
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Design of Experiments
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100 % PLK (Klausur)
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Wilhelm Kleppmann
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

1. Statistische Grundlagen, Korrelation und Regression
2. Einführung in die statistische Versuchsplanung
3. Strategien der Planung
4. Planung und statistische Auswertung an einem Modellsystem
5. Zweistufige Versuchspläne zum Screening
6. Mehrstufige Versuchspläne für Wirkungsflächen und zur Optimierung mit mehreren Zielgrößen  
Ergänzende Ideen von Taguchi und Shainin

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden können die Konzepte der statistischen Versuchsplanung beurteilen. Sie können Versuche mithilfe der statistischen Versuchsplanung planen und auswerten sowie den erforderlichen Aufwand bei der Versuchsdurchführung auf ein vertretbares Maß reduzieren. Die Teilnehmenden können aus Daten Informationen zur Beschreibung und systematischen Verbesserung von Fertigungsprozessen ableiten, Versuche zur systematischen Verbesserung planen und Maßnahmen aus den Ergebnissen ableiten. Sie sind imstande, Design of Experiments anzuwenden, um Versuche zu planen, die auf verschiedene Problemstellungen angepasst sind. Sie können die Versuchsergebnisse statistisch auswerten und die Ergebnisse nutzen, um Verbesserungen abzuleiten. Sie sind in der Lage, die Signifikanz von bei Versuchen beobachteten Effekten zu beurteilen und richtig zu interpretieren.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden können den Zielkonflikt zwischen Aufwand und Nutzen bei Entscheidungen über die Planung von Versuchen beurteilen und können damit umgehen. Sie können selbständig Versuche planen und auswerten.

## **Literatur**

- Sachs, Michael: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, Hanser Verlag München, 6. Auflage 2021
- Kleppmann, Wilhelm: Versuchsplanung - Produkte und Prozesse optimieren, Hanser Verlag München, 10. Auflage 2020.

---

## Dynamik mechanischer Systeme

---

Die Lehrveranstaltung gibt einen Überblick über Komponenten eines Fahrzeugantriebsstrangs und es werden Strukturen zur Modellierung eines Antriebsstrangmodells entwickelt. Die Teilnehmenden kennen und verstehen die Herangehensweisen zur Lösung von dynamischen Problemen im Antriebsstrang. Sie können mit gängigen mechanischen Prinzipien selbst die Bewegungsgleichungen von Komponenten aufstellen, im System verknüpfen und lösen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, mit einer kommerziellen Software Versuche zu planen und auszuwerten und die Ausgaben der Software zu interpretieren.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Markus Kley
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundkenntnisse Statistik und Excel sowie Technischer Mechanik (Statik, Kinematik, Kinetik) aus dem Bachelor
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Dynamik mechanischer Systeme
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100 % PLP
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Markus Kley
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

1. Fahrdynamische Beanspruchung an Achsen
2. Modellbildung und Aufstellen von Bewegungsgleichungen im Antriebstrang
3. Lösen von Bewegungsgleichungen
4. Simulation des Antriebstrangs
5. Auswertung der Simulationsergebnisse
6. Validierung der Simulation

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden können die Grundlagen der anwenden und können die Grundlagen der Simulation des längsdynamischen Verhaltens in Fahrzeugantriebssträngen beurteilen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, Lösungen für dynamische Lasten in Antriebssträngen und Fahrwerkskomponenten hervorzubringen. Die Teilnehmenden können aus Daten Informationen zur Beschreibung und systematischen Verbesserung von Fertigungsprozessen ableiten, Versuche zur systematischen Verbesserung planen und Maßnahmen aus den Ergebnissen darstellen. Die Teilnehmenden sind fähig, Achslasten auf Basis von DMS-Messstellen zu ermitteln und Vorgabedaten für die Erprobung zu erzeugen. Sie können einfache Simulationsmodelle selbstständig erstellen und Parameterstudien durchführen und auswerten. Außerdem sind sie in der Lage, komplexe Modelle zur Simulation des Schaltverhaltens zu analysieren und anzuwenden. Sie können Phänomene beim Schaltvorgang zu beurteilen und diesen zu optimieren.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden können die Verantwortung identifizieren, die sie als Ingenieur oder Ingenieurin tragen müssen, wenn sie im Zielkonflikt zwischen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit Entscheidungen über die Auslegung von Maschinen und Anlagen treffen müssen und können damit umgehen. Sie können selbstständig Simulationen durchführen und auswerten.

## **Literatur**

- Scherf, Helmut: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme: Eine Sammlung von Simulink-Beispielen, Oldenbourg Verlag, 2009

## **Semester 2**

---

## Digitale Produktentwicklung

---

The members are familiar with the typical working techniques of a CAD system, which can also be applied to other systems. Members are able to analyze the interaction of different CAx tools with each other as well as with the product data management system and phrase it in terms of CAx process chains. In addition, they can divide the complexity of the implementation of product data management in the company into individual steps and describe implementational steps for it.

Dieses Modul findet in englischer Sprache im Rahmen des Auslandsmoduls an der Partnerhochschule Central University of Technology in Bloemfontein, Südafrika, statt.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Dr. Wolfgang Rimkus
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	10 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	110 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: - Content: Knowledge of technical drawing, Basic IT-knowledge, knowledge in CAD/developmental processes in companies
<b>Sprache</b>	EN
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Digitale Produktentwicklung
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLP
<b>Lehrende</b>	Herr Lehlohonolo Francis Monaheng
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

1. Introduction to CAD with focus on Materialise Magic
2. Introduction to additive manufacturing and design rules
3. Application of design to selected products (simple gear system, mandible, enclosure)
4. Part placement, orientation and support structures
5. Receipt and assessment of the printed designs

## **Fachkompetenz**

The members understand the process of the digital product development and the associated CAx technologies as well as their assignment to the individual phases of the product development process. They know the process chain from computer-aided product design and product layout up to production. Members can solve design tasks with 3D systems (components, assemblies and variants). They can derive the necessary project organization structure and the associated data structure from a product development task. Members can work with standard CAD systems. They are able to calculate and design complex components as well as to transfer them to assemblies and variants. They are able to analyze kinematic relationships of assemblies. Members can analyze the single steps of the digital product design. They are also capable of analyzing the data structures of different CAx tools and assigning them to the individual milestones of the product creation process. The members are able to derive the requirements for the digital product design from predetermined boundary conditions in product development and to assess and structure the data streams required for the production.

## **Überfachliche Kompetenz**

The members are able to discuss competently with experts in digital product development and make a well-informed contribution to decision-making processes. The members are able to work together in interdisciplinary teams. They can plan, organize and carry out projects, both independently and in the team. In doing so, they are able to guide teams in a result-oriented way and present the results.

## **Literatur**

Lectures contained in module.

---

## Advanced CAE-Simulation

---

In der Lehrveranstaltung werden die Einsatzmöglichkeiten von expliziten Simulationsmethoden beurteilt und diese angewendet. Die Teilnehmenden sind imstande, eigenständig Material- und Versagensmodelle aus in Laborversuchen ermittelten Versuchsdaten abzuleiten und diese in einer Simulation anzuwenden. Sie können die Auswertung und Bewertung der Ergebnisse expliziter Simulationen diskutieren und in einem Fachgespräch begründen.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Dr. Wolfgang Rimkus
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit / Dauer des Moduls</b>	Sommersemester / 5 (Online-)Präsenz-Tage + Prüfungseinheit
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundlagen der FEM
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Advanced CAE-Simulation
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLP
<b>Lehrende</b>	Dr. Wolfgang Rimkus, Dr. Julian Schlosser
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung, Projekt, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja



## Lehrinhalte

1. Die Theorie und Anwendung eines expliziten Simulationssystems
2. Modelltechnik und -aufbau
3. Validierung und Verifikation von Berechnungsmodellen
4. Kennenlernen verschiedener Materialmodelle und deren Verwendung
5. Ermittlung von materialspezifischen Kennwerten in Laborversuchen und Implementierung in ein geeignetes Materialmodell
6. Einführung in Schädigungs- und Versagensmodelle für die Simulation
7. Erstellung einer Versagenskurve aus Versuchsdaten und deren Implementierung in ein Versagensmodell
8. Anwendung von Materialmodellen und Versagensmodellen in der Simulation

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind imstande, dynamische Problemstellungen zu analysieren und dies ins Simulationssystem zu übertragen. Sie können die Anwendbarkeit und Grenzen der CAE-Simulation auf komplexe Aufgaben beurteilen. Sie können die Simulationsergebnisse resultierend aus einer dynamischen (expliziten) Simulation beurteilen und bewerten. Die Teilnehmenden können elementare Methoden zur Ermittlung von Materialmodellen, auch im Laborversuch, identifizieren und können diese in der Simulation bestimmen. Die Teilnehmenden haben ein Grundverständnis über Schädigungs- und Versagensmodelle, deren Ermittlung und Anwendung. Sie sind imstande diese Modelle in eine Simulation zu implementieren und zu beurteilen.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind imstande, in Kleingruppen Lösungsmöglichkeiten für die Abbildung von nichtlinearen Problemstellungen in der Simulation zu ermitteln sowie in diesen Gruppen Simulationen durchzuführen. Sie können ihr erworbenes Wissen selbstständig und auch in Teams diskutieren.

## Literatur

- Klein, Bernd: FEM - Grundlagen und Anwendungen der Finite-Element-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau, Springer Verlag, 2010
- Steinke, Peter: Finite-Elemente-Methode, Rechnergestützte Einführung, Springer Verlag, 2007
- Rieg, Frank; Hackenschmidt, Reinhard; Alber-Laukant, Bettina: Finite Elemente Analyse für Ingenieure – Grundlagen und praktische Anwendungen mit Z88Aurora, Hanser Verlag, 2012
- Rust, Wilhelm: Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnungen: Kontakt, Kinematik, Material, Vieweg+Teubner Verlag 2011
- Marcus Wagner: Lineare und nichtlineare FEM : Eine Einführung mit Anwendungen in der Umformsimulation mit LSDYNA®
- LS-DYNA Manual - Vol I, Vol II, Vol III
- J. Effelsberg, A. Haufe, M. Feucht, F. Neukamm, P. Du Bois, On parameter identification for GISSMO damage model.
- Daniel Hörling, Parameter identification of GISSMO damage model for DOCOL 1200M: A study on crash simulation for high strength steel sheet components, 2015
- J. H. Hollomon, Tensile deformation, Trans. Metall. Soc., 1945, pp. 268–290.

---

## Nachhaltige Produktentwicklung im Leichtbau

---

Die Teilnehmenden sind in der Lage, an einem Praxisbeispiel die Konzipierung einer nachhaltigen Leichtbaustruktur systematisch zu entwickeln und in einzelne Themenschwerpunkte aufzuschlüsseln. Die Teilnehmenden können den Zusammenhang zwischen Werkstoffauswahl, Leichtbauprinzipien und Nachhaltigkeit begründen. Sie können die Kreativitätstechniken Morphologischer Kasten und Funktionsanalyse bestimmen. Außerdem sind sie in der Lage, die strukturierte Vorgehensweise bei der Leichtbauauslegung, Konstruktion, Berechnung und Life Cycle Assessment (LCA) anhand eines industrienahen Beispiels selbständig auszuarbeiten.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr.-Ing. André Baeten
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	20 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	30 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	100 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: - Inhaltlich: Konstruktion, CAD, FEM, Festigkeitslehre
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Nachhaltige Produktionsentwicklung im Leichtbau
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLP
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr.-Ing. André Baeten
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

### **1. Pre E-Learning Phase 1**

- 1.1 Projektvorstellung Leichtbau
- 1.2 Hybridbauweise: Funktionsanalyse und Lastenheft (projektbezogen)
- 1.3 Grundprinzipien des Leichtbaus
- 1.4 Grundprinzipien der Nachhaltigkeit
- 1.5 Werkstoffe im Leichtbau, Faserverstärkte Werkstoffe,
- 1.6 Lieferketten und Energiebetrachtung zu Leichtbauwerkstoffen
- 1.7 Leichtbau-Designkriterien (projektbezogen)
- 1.8 Krafterleitung im Leichtbau (projektbezogen)
- 1.9 Leichtbauelemente 1: Dünnwandige Balkenquerschnitte
- 1.10 Leichtbauelemente 2: Schalenstrukturen
- 1.11 Leichtbauelemente 3: Schubfeldträger
- 1.12 Leichtbauelemente 4: Sandwichstrukturen
- 1.13 Herstellverfahren im Leichtbau
- 1.14 Recyclingverfahren für Leichtbaustrukturen
- 1.15 Dimensionierung einer Leichtbaustruktur (projektbezogen)
- 1.16 Festigkeitsanalyse einer Leichtbaustruktur (projektbezogen)
- 1.17 Life Cycle Assessment (projektbezogen)

### **2. Präsenz Phase 1**

- 2.1 Funktionsanalyse, Anforderungsanalyse, CO<sub>2</sub> Footprint Analyse (projektbezogen)
- 2.2 Einsatz von Kreativitätstechniken zur Lösungsfindung (projektbezogen)
- 2.3 Einführung Nachhaltigkeitsanalyse und Energiebetrachtung im Leichtbau
- 2.4 Projektbezogene Konzeptionierung einer nachhaltigen Leichtbaustruktur
- 2.5 Strukturanalyse und Aufzeigen von alternativen Lösungswegen (projektbezogen)
- 2.6 Optimierung einer Leichtbaustruktur unter technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten
- 2.7 Praxisbeispiele (Laborübungen, virtuell zugeschaltet)

### **3. Post E-Learning Phase 1**

- 3.1. Analyse des projektbezogenen Bauteils aus der Präsenzphase Leichtbaupotential: Geometrie / Werkstoff / Nachhaltigkeit

3.2 Strukturierte Optimierung des projektbezogenen Bauteils Gewicht und Recycling

3.3 Funktionsnachweis und Abgleich mit Lastenheft (Nachweisführung)

3.4 Vollständige Beschreibung des ausgewählten Konzeptes

3.5 Vollständige Nachhaltigkeitsbetrachtung des ausgewählten Konzeptes

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden sind imstande, den geeigneten Werkstoff, die optimalen Leichtbauelemente und ein nachhaltiges Fertigungsverfahren bedarfsgerecht auszuwählen. Sie können analytische Lösungsverfahren für typische Leichtbauelemente ableiten und die Optimierung von Leichtbaustrukturen unter Berücksichtigung der Systemgrenzen, Herstellverfahren und Recyclingaspekten beurteilen. Die Teilnehmenden können strukturiert Leichtbauelemente rechnerisch auswerten und ein numerisches Simulationsmodell entwickeln. Sie sind in der Lage, die optimale Gestaltung dieser Elemente durch einen strukturierten Bewertungsprozess mit Hilfe numerischer Verfahren und einer moderierten Gruppendiskussion zu bestimmen. Die Teilnehmenden können Leichtbaustrukturen auf ihre mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit) hin analysieren sowie das Potential hinsichtlich Energieeffizienz, CO<sub>2</sub> footprint und Recycling bestimmen. Sie können eine komplexe technische Aufgabenstellung aus dem Leichtbau anhand einer strukturierten Vorgehensweise in Arbeitspakete aufschlüsseln und die einzelnen Arbeitspakete in kleinen Teams bearbeiten. Durch Anwendung geeigneter Kreativitätstechniken sind sie in der Lage, Teillösungen für Subsysteme der Leichtbaustruktur zu entwerfen und diese später zu einer sinnvollen Gesamtlösung zu kombinieren. Die Teilnehmenden sind in der Lage, Bauteile bezüglich ihres Leichtbaupotentials und ihrer Nachhaltigkeit zu analysieren. Sie sind imstande, Produkte zu analysieren und diese im Bedarfsfall bezüglich des Gewichts zu optimieren, unter Berücksichtigung zulässiger Beanspruchung, Verformung sowie nachhaltiger Materialauswahl und Fertigungstechnik. Sie können die Eignung bestimmter Werkstoffkombinationen und Fügeverfahren im Hinblick auf ökologische Aspekte beurteilen.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden können Problemstellungen sowohl alleine als auch im Team lösen. Im Team sind sie in der Lage, sich gemeinsam auf ein Ziel zu verständigen. Sie können Lösungsvorschläge methodisch entwickeln und in das Team einbringen. Sie respektieren konkurrierende Meinungen und Lösungsansätze und sind in der Lage, diese argumentativ miteinander zu vergleichen. Die Studierenden schärfen während der Konzeptfindung für die Leichtbaustruktur ihr Umweltbewusstsein und stärken ihr ressourcenbewusstes Denken. Die Studierenden sind in der Lage, neue Ideen und Lösungen für eine leichtbaugerechte Konstruktion zu entwickeln und dabei wirtschaftliche, gesellschaftliche und ökologische Aspekte zu berücksichtigen.

## **Literatur**

- Wiedemann, J.: Leichtbau. Band 1: Elemente, Springer Verlag, ISBN Nr. 3-540-60746-3, 1996
- Wiedemann, J.: Leichtbau. Band 2: Konstruktion, Springer Verlag, ISBN Nr. 3-540-60304-2, 1996
- Schürmann, H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden, Springer Verlag, ISBN Nr. 978-3-540-72189-5, 2007
- Henning, F., Moeller, E.: Ganzheitliche Bilanzierung und Nachhaltigkeit im Leichtbau, in: Handbuch Leichtbau: Methoden, Werkstoffe, Fertigung, Hanser Verlag, ISBN 978-3-446-42267-4, 2020
- Kupfer, R., Schilling, L., Gude, M.: Werkstofftechnologien für nachhaltigen Leichtbau, Springer Verlag, in: Nachhaltige Industrie, Ausgabe 3/2022
- Frischknecht, R.: Lehrbuch der Ökobilanzierung, Springer Verlag, ISBN 978-3-662-54762-5, 2020

---

## Precision Engineering

---

Durch die Lehrveranstaltung erwerben die Teilnehmenden die grundlegenden Kompetenzen, die benötigt werden, um Systeme im Rahmen der Feinmechanik im Hinblick auf die kritischen Systemparameter zu analysieren und zu entwerfen. Hierfür wird ein ganzheitlicher Entwicklungsansatz beginnend von der Anforderungsanalyse bis hin zur Dimensionierung kritischer Systemparameter eingeführt.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Markus Kley
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester oder Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: - Inhaltlich: Fundierte Kenntnisse in der technischen Mechanik und Maschinenkonstruktionslehre
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	84 104 Precision Engineering
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLP
<b>Lehrende</b>	Guido Limbach, Semih Öztürk
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja

## **Lehrinhalte**

1. Systems Engineering – Anforderungen und Systemmodellierung (mit SysML)
2. Einführung in die Toleranzkettenanalyse
3. Statisch bestimmte Systeme
4. Statische und dynamische Steifigkeit
5. Thermische Stabilität
6. Optomechanische Grundlagen
7. Analyse und Entwurf feinmechanischer Systeme
8. Monolithische Gelenke
9. Klebeverbindungen
10. Kontaktprobleme
11. Hysterese und Lose

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Herausforderungen und Komplexitäten eines industriellen Entwicklungsprojekts einzuordnen. Sie sind in der Lage, Methoden der modell-basierten Systementwicklung zur Anforderungs- und Tragweitenanalyse anzuwenden und einzusetzen. Sie können die Modellierungssprache SysML im Kontext von feinmechanischen Systemen anwenden und können Grundbegriffe der Feinmechanik und Optomechanik einordnen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, feinmechanische Systeme unter dem Aspekt der statischen Bestimmtheit zu bewerten und können die wesentlichen Elemente und Funktionen eines feinmechanischen Systems analysieren und beurteilen. Sie sind befähigt, feinmechanische Systeme hinsichtlich der kritischen Systemparameter auszulegen und zu bewerten.

## **Überfachliche Kompetenz**

Das Elaborationspotential sowie die Methodenkompetenz der Teilnehmenden wird mittels Projektarbeit gefördert.

## **Literatur**

- T. Weilkiens, Systems Engineering mit SysML/UML – Anforderungen, Analyse, Architektur, Heidelberg, dpunkt.verlag, 2014
- H. Soemers, Design Principles for precision mechanisms, Enschede, T-Pointprint, 2017
- W. Krause, Konstruktionselemente der Feinmechanik, München, Carl Hanser Verlag, 2018
- J. Volmer, Getriebetechnik Grundlagen, Berlin, Verlag Technik, 1995
- L. Howell, Compliant Mechanisms, New York, Wiley Interscience, 2001
- M. Weck, C. Brecher, Werkzeugmaschinen Konstruktion und Berechnung, Berlin, Springer Verlag, 2006
- H. Dresig, A. Fidlin, Schwingungen mechanischer Antriebssysteme, Berlin, Springer, 2020

---

## Innovation Management & New Business Development

---

Die Teilnehmenden beherrschen breit anwendbare Methoden zur strukturierten Vorgehensweise in Technologie- und Innovationsprojekten und können diese branchenübergreifend anwenden. Sie können auch mit schwervorhersagbaren Technologietrends umgehen und innovative Lösungen ermitteln. Sie können Technologie- und Innovationsprojekte leiten und sind imstande, Standardmodule und Produktplattformen zu generieren. Die Teilnehmenden sind dazu fähig, Methoden zur Technologievorhersage und Früherkennung sowie zu Technologiescouting und -sourcing anzuwenden.

Vor der ersten Lehrveranstaltung wird die Bearbeitung von englischsprachigen E-Learningmaterialien vorausgesetzt.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Dipl.-Ing. Gerhard Subek
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit / Dauer des Moduls</b>	Wintersemester oder Sommersemester / 4 - 6 Wochen
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	10 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	110 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: Verständnis zu Online Learning Nugget, Ishikawa, Derek Abel, Open Innovation und Lead User Inhaltlich: 4-Felder Kreativmethodik
<b>Sprache</b>	DE, EN
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	84 103 Innovation Management & Business Development
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	PLP 100%
<b>Lehrende</b>	Gerhard Subek
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja

## Lehrinhalte

1. Management von Kundenanforderungen für innovative Phasen
2. Vier Felder Struktur zur methodischen Generierung von Innovationen
3. Ermittlung von Innovationsgraden und Ableitung organisatorischer Konsequenzen
4. Design und Applikation von betrieblichen Innovationsprozessen
5. Kostenvorhersagetechniken alternativer Techniken
6. Entwickeln von Produktarchitekturen, Standardmodularitäten und Produktplattformen
7. Entscheidungsmethodik zur Auswahl des besten Innovationsprojektes
8. Management von betrieblichen Widerständen bei Innovationsprozessen

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können methodisch Innovationen in neuen Produktfamilien entwickeln und auf Basis der Kundenerwartungen, mit Blick auf die besten Kosten und geforderte Funktionalität Produktplattformen, Standardmodule und Varianten generieren und kaufmännisch bewerten. Sie können Technologie-Roadmaps einsetzen und neue Produkte gegen Produktpiraterie sichern. Sie können systematische Suchfelder für Innovationen generieren, Szenariotechniken sowie Kreativtechniken zur Auswahl und Bewertung einsetzen, Innovationsteams führen und die Lead-User-Methode anwenden. Die Teilnehmenden sind in der Lage, Open Innovation und Open Source Innovation anzuwenden. Sie können Champions und Promotoren im Unternehmen auswählen und können deren Aufgaben beschreiben. Außerdem können sie methodisch Kooperationspartnerschaften und Allianzen für Innovationen bilden. Sie sind in der Lage, Fördergelder für innovative Kooperationsprojekte zu generieren.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage heterogene Teamprozesse zu moderieren. Sie können sowohl im Team als auch selbstständig ergebnisorientiert arbeiten und Lösungen zielgruppengerecht darstellen.

## Literatur

- Söhnke Albers Gasmann: Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement 2. Auflage / Gabler ISBN 978-3-8349-2800-9
- Hauschild Salomo: Innovationsmanagement 5. Auflage / Vahlen ISBN 978-3-8006-3655-4
- Eppinger, S.: Product Design and Development, McGraw Hill
- Morgan, J.; Liker, J.: The Toyota Product Development System
- Stevenson, R.; Jackson, K.; et al: Systems Engineering
- Schächli, B.: Handbuch Produktentwicklung, Hanser
- Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte, Springer
- Ehrlenspiel, K.: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren, Springer
- Franke, H.J.; et al: Varianten-Management, Hanser
- Gerybadze, A.: Technologie- und Innovationsmanagement, Verlag Vahlen
- Cooper R.G., Edgett, S.J.: Maximizing productivity in product innovation, Research Technology Management



## **Semester 3**

---

## Digitale Produktion

---

Die Teilnehmenden können die überfachlichen Anforderungen bei der Vernetzung und Optimierung digitaler Produktionskonzepte beurteilen. Sie sind in der Lage den digitalen Zwilling in der Produktion zu generieren und daraus einen Selbststeuerungsvorgang abzuleiten. Sie können aus Big Data heraus die komplexen Zusammenhänge der digitalen Produktion evaluieren und daraus Prioritäten ableiten.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	N.N.
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Wirtschaftsingenieurwesen_Graduate Campus_SPO 901
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	
<b>Sprache</b>	DE, EN
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Digitale Produktion
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLK
<b>Lehrende</b>	
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLK 90
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## Lehrinhalte

1. Cyber Physical Systems: Aufbau und Funktion
2. Digitale Kommunikationssysteme in der Produktion RFID und QR-Code
3. Anwendung und Nutzen des Electronic Product Code (EPC)
4. Schnittstellen und Bussysteme in der digitalen Produktion
5. Anwendung der Companion Specification im Datenaustausch zwischen Maschine und Produkt
6. Schachbrettproduktion statt Fertigungslinie
7. CANVAS Model nach Osterwalder und Pineuer zur Definition relevanter Digitalisierungsbereiche
8. Umsetzungsszenarien der digitalen Produktion: Fraunhofer Studie Industrie 4.0 Maturity Index
9. Best Practice und Fallbeispiele Volldigitaler Produktionen
10. Volkswirtschaftliche Auswirkung der digitalen Produktion: Arbeit 4.0

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können die Funktionsweise von digitalen Produktionssystemen ableiten und die wichtigsten Schnittstellen und Bussysteme ermitteln, um den digitalen Zwilling in der Produktion als Steuerungselement einzusetzen. Sie sind in der Lage, aus einer zuvor analog verschlankten Produktion (Toyota Produktionssystem TPS) die komplexe Transformation in eine digitale Produktion und deren Führung darzustellen.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden können ein tiefgreifendes Verständnis für die sozialen Veränderungen entwickeln, die die Einführung einer digitalen Produktion in Zentraleuropa hervorrufen wird. Die Aspekte zum bedingungsloses Grundeinkommen und hochflexible Arbeitssystem können von den Teilnehmenden beurteilt werden.

## Literatur

- Handbuch Industrie 4.0 / Birgit Vogel-Heuser, Thomas Bauernhansl, Micheal ten Hompel, Herausgeber. Bd. 1 Produktion
- Handbuch Industrie 4.0 / Birgit Vogel-Heuser, Thomas Bauernhansl, Micheal ten Hompel, Herausgeber. Bd. 2 Automatisierung
- Handbuch Industrie 4.0 / Birgit Vogel-Heuser, Thomas Bauernhansl, Micheal ten Hompel, Herausgeber. Bd. 3 Logistik
- Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration / Thomas Bauernhansl; Michael ten Hompel; Birgit Vogel-Heuser (Hrsg.)
- Acatech\_STUDIE\_Maturity\_Index\_WEB\_German: Günther Schuh, Reiner Anderl, Jürgen Gausemeier, Michael ten Hompel, Wolfgang Wahlster (Hrsg.) Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen / herausgegeben von Robert Obermaier. E-Book Bibliothek
- Acatech Studie: Akzeptanz von Industrie 4.0 / Abschlussbericht zu einer explorativen empirischen Studie über die deutsche Industrie
- Plattform Industrie 4.0 Forschungsbeirat: Themenfelder Industrie 4.0 / Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zur erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0

---

## Requirements Engineering

---

"Requirements Engineering" ist ein wichtiger Bestandteil im Bereich der Systementwicklung „Systems Engineering“, speziell auch der Softwareentwicklung sowie dem Projektmanagement. Die Teilnehmenden sind in der Lage, technische Anforderungen für ein Entwicklungsprojekt im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus richtig zu beurteilen, zu analysieren und zu klassifizieren.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	N.N.
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Requirements Engineering
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100 % PLR
<b>Lehrende</b>	
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLR
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## Lehrinhalte

1. Grundlagen des Requirements Engineering
2. Techniken der Ermittlung und Dokumentation von Anforderungen
3. Erfordernisse versus Nutzungsanforderungen
4. Qualitative versus quantitative Nutzungsanforderungen
5. Analyse und Aufgaben der Stakeholder bezüglich der Anforderungen
6. Prüfung und Abstimmung von Anforderungen
7. Verwaltung von Anforderungen
8. Auswirkung auf Unternehmensprozesse

## Fachkompetenz

Die Studierenden können Erfordernisse identifizieren bzw. einholen und erläutern sowie Anforderungen aus Erfordernissen ableiten und präzise darstellen, wie sie z. B. in Lastenheften, Leistungsscheinen, Anforderungsspezifikationen etc. für die Produktentwicklung benötigt werden. Sie sind in der Lage, Lücken und Unschärfen in Anforderungen zu identifizieren und zu lösen. Die Teilnehmenden können Anforderungen prüfen und koordinieren.

## Überfachliche Kompetenz

Die Studierenden sind in der Lage, ihre Fähigkeiten selbständig auf konkrete Aufgabenstellungen anzuwenden. Sie können Lösungen in Gruppen diskutieren und schriftlich darstellen. Sie sind in der Lage, ihre Meinung zu verteidigen und dadurch ihr Selbstbewusstsein zu stärken.

## Literatur

- Geis, Thomas; Polkehn, Knut (2018): Praxiswissen User Requirements. Nutzungsqualität systematisch, nachhaltig und agil in die Produktentwicklung integrieren : Aus- und Weiterbildung zum UXQB® Certified Professional for Usability and User Experience - Advanced Level "User Requirements Engineering" (CPUX-UR). 1. Auflage. Heidelberg: dpunkt.verlag. Online verfügbar unter <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1885551>.
- Rupp, Chris (2021): Requirements-Engineering und -Management. Das Handbuch für Anforderungen in jeder Situation. 7., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Hanser

---

## Advanced Manufacturing

---

Die Teilnehmenden können den Änderungsbedarf bei existierenden Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen für immer komplexer werdende Kundenanforderung bestimmen. Sie können ein Verständnis für ideale Fabrikplanungen entwickeln, einen optimierten Materialfluss hervorbringen und die Auswirkungen zu hoher Bestände beurteilen. Sie können die Methoden der Materialwirtschaft anwenden und sind in der Lage, für eine jeweilige Aufgabenstellung die optimalen Planungen und Steuerungen der Materialflüsse in einem Unternehmen zu konzipieren.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. -Ing. Volker Beck
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Wirtschaftsingenieurwesen_Graduate Campus_SPO 901
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Advanced Manufacturing
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	PLP 100%
<b>Lehrende</b>	Gerhard Subek
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

### **1. Funktionale Gliederung und Prozessorganisation einer Produktion**

1.1 Fabrikplanung / Strukturierung / Segmentierung

1.2 Materialflussplanung / Lagerplanung / Linien / Verkettung

### **2. Grundsätzliche Steuerungsmechanismen**

2.1 Vorbereitende Arbeitsplanung / Stücklisten und Arbeitspläne

2.2 Make or Buy-Entscheidungen

2.3 Just-in-Time / Just-in-Sequence

2.4 ABC-Analyse

### **3. Planungsfelder**

3.1 Transportmatrix

3.2 Bedarfsermittlung / Brutto-Netto-Bedarfe / X-, Y-, Z-Güter

3.3 Arbeitssteuerung / Verbrauchsgesteuerte versus Bedarfsgesteuerte Disposition

3.4 Auftragsorientierte Durchlaufterminierung

3.5 Mengen- / Kapazitätsplanung

3.6 Primär-, Sekundär- und Tertiärbedarfe

3.7 Losgrößenplanung

3.8 Optimale Losgröße

3.9 Reihenfolgeplanung

3.10 Bereitstellungsplanung/Kommissionierung

3.11 Rüstzeitoptimierung

3.12 übergeordnet: Investitionsplanung, Standardisierung, etc.

### **4. Methodische Ansätze / Werkzeuge**

4.1 Zeitstudien (nach REFA, MTM)

4.2 Materialbereitstellung: Milkruns zur flächendeckenden Versorgung, Supermärkte für produktionsnahe Versorgung

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden können die Methoden der Produktionsplanung und -steuerung in einem modernen Produktionsunternehmen im Kontext mit den neuen Einflussgrößen der sogenannten Industrie 4.0 bestimmen. Sie können die Grundlagen einer Fabrikplanung und die notwendigen Voraussetzungen und Auswahlssysteme prüfen und vergleichen. Sie sind in der Lage, mit diesen Prinzipien selbstständig neue Werke, optimale Materialflüsse, unterschiedliche Lagerarten oder deren Teile zu planen, Auswahlen zu treffen und die Prozesse kundenorientiert nach Zeit- und Kostengesichtspunkten zu steuern. Sie können kostensenkende Methoden in der Produktionsplanung implementieren und z. B. geringste Kapitalbindungen im Unternehmen

berechnen. Die Teilnehmenden sind in der Lage die für den Materialfluss günstigste Fabrikstruktur zu berechnen und können den Material- und Informationsfluss vom Kunden bis zur Produktherstellung organisieren. Sie sind in der Lage arbeitsplanerische und -steuernde Methoden des Materialflusses der hochflexiblen Fertigung zu implementieren und zu beurteilen.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden können die Einflüsse globaler Standortfaktoren abschätzen und ein Verständnis für die Chancen und Risiken entwickeln, die in den sich stark verändernden Materialflussprinzipien durch den Einfluss von Industrie 4.0 entstehen können.

## **Literatur**

- Arnolds et al.: Materialwirtschaft und Einkauf: Grundlagen, Spezialthemen und Übungen, Wiesbaden: Springer-Gabler [2016] (E-Book)
- Bichler et al.: Kompakt Edition: Lagerwirtschaft: Technologien und Verfahren, Wiesbaden: Springer-Gabler [2013]
- Markus Schneider: Lean factory design: Gestaltungsprinzipien für die perfekte Produktion und Logistik, München: Hanser [2016] (E-Book)
- Franz J. Brunner: Japanische Erfolgskonzepte, München: Hanser [2017] (E-book)
- Imai, M.: Kaizen: Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. 7. Auflage, Wirtschaftsverlag Langen Müller/ Herbig, München [1994]



---

## Mechatronische Systementwicklung

---

Durch die Lehrveranstaltung können die Teilnehmenden die interdisziplinären Zusammenhänge von mechatronischen Maschinen und technischen Systemen identifizieren und für eine Systemauslegung bzw. Systemoptimierung anwenden. Die Teilnehmenden sind in der Lage, numerische Simulationstools für hybride Systemmodelle zu bestimmen und können dynamische Simulationen mit linearem und nichtlinearem Systemverhalten selbstständig durchführen. Zudem können sie Steuerungssoftware einschließlich Regelalgorithmen modellbasiert entwickeln, optimieren und über Autocode-generierung auf Steuerungsplattformen implementieren (Steuergeräte ECU und speicherprogrammierbare Steuerungen PLC).

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Jürgen Baur
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit / Dauer des Moduls</b>	Wintersemester / 4-6 (Online-)Präsenztage + Prüfungseinheit
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: - Inhaltlich: Mathematik: Fourier-Transformation, Differentialgleichungen, komplexe Zahlen, Bool'sche Algebra (TS4); gute Kenntnisse in Elektrotechnik, Steuer- und Regelungstechnik; Grundkenntnisse in Technischer Mechanik, Mikroprozessortechnik bzw. SPS-Programmierung (TS5)
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	84 302 Mechatronische Systementwicklung
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLK
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Jürgen Baur
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLK 90 Minuten
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja

## Lehrinhalte

1. Modellbasierte Systementwicklung mechatronischer Systeme
2. Modellbasierter Entwicklungsprozess von Requirementspezifikation über Systementwurf und Implementierung bis zum Systemtest & Verifikation
3. Modellbildung elektromechanischer Antriebssysteme
4. Entwurf und Simulation zeitdiskreter Steuer- und Regelalgorithmen
5. Autocodegenerierung mit MATLAB Embedded Coder® und Simulink PLC-Coder®
6. Anwendungsbeispiele aus dem Maschinenbau und Automotive Bereich
7. Implementierung der Funktionssoftware auf Mikrocontrollerplattformen in der Programmiersprache C
8. Rapid-Control-Prototyping für Servoantriebe mit MATLAB Simulink Real-Time®

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können die Prinzipien und Methoden des modellbasierten Ansatzes der Systementwicklung dynamischer technischer Systeme beurteilen, speziell für Applikationen aus dem Maschinenbau und dem Automotive-Bereich. Sie sind in der Lage eigenständig Simulationsmodelle über Differenzialgleichungen und nichtlineare Kennlinien für elektromotorische Antriebsstränge zu entwickeln und einer numerischen Simulation zuzuordnen. Zudem können sie Software für Steuer- und Regelungsanwendungen modellieren, parametrieren und auf unterschiedlichen Mikroprozessorplattformen über ANSI-C und SCL-Autocodegenerierung implementieren. Die Teilnehmenden können an realen Systemen die Steuer- und Regelungsfunktionen auf Rapid-Control-Prototyping Plattformen in Betrieb nehmen und diese durch Echtzeitsimulation testen.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sich in Lerngruppen zu organisieren und gemeinsam komplexe Simulationsaufgaben zu bearbeiten. Sie sind imstande, die Lerninhalte selbstständig zu überprüfen und in Übungen und im Labor anzuwenden. Im Rahmen von Übungs- und Laborprojekten können die Studierenden ihr eigenes Verhalten im Team reflektieren, Konflikte analysieren und Lösungsstrategien entwerfen. Die Studierenden sind in der Lage, eigene Lösungen prägnant darzustellen, fremde Lösungen rasch zu erfassen und gemeinsam zu einem abgestimmten Ergebnis zusammenzuführen.

## Literatur

- Lunze, J.: Ereignisdiskrete Systeme, Oldenbourg-Verlag, 2006.
- Zirn, O.; Weikert, S.: Modellbildung und Simulation hochdynamischer Fertigungssysteme, Springer-Verlag, 2006.  
Janschek, K.: Systementwurf mechatronischer Systeme, Springer-Verlag, 2010.
- Scherf, Helmut: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenbourg Verlag, 2010. Angermann, Anne et al.: MATLAB – Simulink – Stateflow, De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2021.
- Baur, J.: Modellbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme, de Gruyter Oldenbourg Verlag, 2023.

---

## Automatisierungssysteme

---

Die Teilnehmenden erlangen ein Verständnis dafür, welche Anforderungen an die Produktentwicklung im Rahmen von Industrie 4.0 gestellt werden. Sie kennen die Methoden, wie eine systematische Entwicklung digitalisierter Produkte erfolgt. Die Teilnehmenden erlangen die Fähigkeit, komplexe technische Systeme zu analysieren und Lösungsvorschläge für Steuerungsaufgaben zu erarbeiten.

In diesem Blended-Learning Kurs werden die theoretischen Inhalte mittels geleiteten E-Learning Materialien und Projektaufgaben zu den Inhalten vermittelt. Zwischen jeder Einheit gibt es eine virtuelle Präsenz, bei der die Teilnehmenden gemeinsam mit dem Lehrenden die Projektaufgaben besprechen. Abschließend wird ein Gesamtprojekt präsentiert.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Markus Glück
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit / Dauer des Moduls</b>	Sommersemester oder Wintersemester / 4 (Online)-Präsenztage + Prüfungseinheit
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	16 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	30 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	104 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung, Master Wirtschaftsingenieurwesen, Master Wirtschaftsingenieurwesen_Graduate Campus_SPO 901
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: - Inhaltlich: Vorkenntnisse Automatisierung, Grundlagen Steuerung & Regelung, Grundlagen Sensorien & Aktorik
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	85 301 Automatisierungssysteme (Master WING) 84 201 Automatisierungssysteme (Master Masch. & Digit.)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	PLP - 100% (Gruppenarbeit und schriftliche Ausarbeitung)
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Markus Glück
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP

---

**Zertifikatskurs**

Ja

## **Lehrinhalte**

1. Einführung in die Systementwicklung
2. Modellbildung
3. Industrielle Regelungen
4. Architekturen vernetzter Automatisierungssysteme
5. Software-Modulentwicklung
6. Verifikationsmethoden

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden verstehen, welche Anforderungen an die Produktentwicklung im Rahmen von Industrie 4.0 gestellt werden. Sie lernen die Bedeutung der Systementwicklungsphasen richtig einzuordnen und zu beurteilen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Methoden einer systematischen Entwicklung digitalisierter Produkte erfolgreich anzuwenden. Sie entwickeln die Fähigkeit, komplexe technische Systeme zu analysieren und Lösungsvorschläge für Steuerungsaufgaben zu erarbeiten

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Versuche im Team durchzuführen. Sie können dabei sowohl allein als auch im Team Verantwortung übernehmen, indem sie sich mit Problemstellungen beschäftigen, diese lösen und die Lösungen diskutieren. Die Teilnehmenden haben ein Bewusstsein für die notwendige Sicherheit beim Umgang mit elektrischen Antrieben.

## **Literatur**

- Andelfinger, Volker P., Hänisch, Till (Hrsg.): Industrie 4.0 - Wie cyberphysische Systeme die Arbeitswelt verändern, Springer Verlag, 2017.
- Reinheimer, Stefan (Hrsg.): Industrie 4.0 - Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele, Springer Verlag, 2017.
- Wellenreuther, Gunter, Zastrow, Dieter: Automatisieren mit SPS - Theorie und Praxis, Springer Verlag, 2005.
- Schreiner, Rüdiger: Computer Netzwerke, Hanser Verlag.
- Riggert, Wolfgang: Rechner Netze, Hanser Verlag.

---

## Embedded Systems

---

Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul sind die Teilnehmenden in der Lage, Echtzeitsoftware mit und ohne Einsatz eines Echtzeitbetriebssystems ressourcenschonend zu entwerfen und zu implementieren. Sie können Hard- und Softwarekomponenten für gegebene Anforderungen bewerten.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Jürgen Schüle
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	84 304 Embedded Systems
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	PLL 100%
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Jürgen Schüle
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLL
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja

## **Lehrinhalte**

1. Programmieren in C
2. Microcontroller Grundlagen
3. Periphere Hardwarekomponenten
4. Schnittstellen

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden beherrschen wesentliche technische und mathematische Grundlagen digitaler Rechner, insbesondere Microcontroller, und sind in der Lage, diese im Rahmen eines Semesterprojektes auf die Projektfragestellung anzuwenden.

## **Überfachliche Kompetenz**

Sie können Problemstellungen und ihre Lösungsvorschläge argumentativ gegenüber Fachleuten vertreten.

## **Literatur**

- Klima, Robert; Selberherr, Siegfried (2010): Programmierung in C. Wien, New York, 2010.
- Yiu, Joseph (2015): The Definite Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors. Second Edition, Newnes.

---

## Additive Manufacturing

---

Die Teilnehmenden können die additive Herstellung von Bauteilen (Kunststoff/Metall) abschätzen und ein Prozessverständnis von der Idee über die Entwicklung bis hin zur Fertigung mit Nachbearbeitung entwickeln.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Matthias Haag
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit / Dauer des Moduls</b>	Sommersemester oder Wintersemester / 4 - 6 Wochen
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung, Master Wirtschaftsingenieurwesen_Graduate Campus_SPO 901
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: - Inhaltlich: Mathematik, Physik, Werkstoffkunde, Umgang mit einem 3D-CAD-System, Grundkenntnisse im Projektmanagement
<b>Sprache</b>	DE
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Additive Manufacturing
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PLP
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Matthias Haag, Prof. Dr. Miranda Fateri
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung, Projekt, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLP
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja



## **Lehrinhalte**

1. Einblick in additive Fertigungstechniken – Voraussetzungen, Eignung, Chancen, Grenzen und Vergleich
2. Treffsichere Gestaltung additiv erstellter Bauteile – Unterschiede zum bekannten Produktentstehungsprozess
3. Bearbeiten eines Projektes von der Idee bis zur praktischen Herstellung

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden können das Potenzial und die Herausforderungen von neuen Fertigungsverfahren (insbesondere Additive Manufacturing, Rapid-Prototyping, Rapid-Tooling und Rapid-Manufacturing) abschätzen. Sie können die Besonderheiten der additiven Fertigungsverfahren im Kontext der Produktentwicklung und -entstehung bestimmen. Sie können mit einem 3D-CAD-System Komponenten für die additive Fertigung gestalten und mittels CAE-Systeme dimensionieren. Für die Herstellung können sie die spezifischen Belange der CAD/CAM-Schnittstelle an ausgewählten Komponenten berücksichtigen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Möglichkeiten der Fertigungsverfahren für spezifische Produkte zu analysieren und jeweils geeignete Verfahren auszuwählen. Sie können die Vor- und Nachteile der additiven Fertigung gegenüber anderen Verfahren wie beispielsweise Umformverfahren oder subtraktiven Verfahren beurteilen.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, der Lehrveranstaltung eigenständig zu folgen und das Gelernte im Selbststudium und Kleinprojekten zu vertiefen. Sie können Ergebnisse selbstständig in Berichten zielgruppengerecht darstellen.

## **Literatur**

- Gebhardt, Andreas: 3D-Drucken: Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM). Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2014.
- Berger, Hartmann, Schmid: Additive Fertigungsverfahren: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing, Europa Lehrmittel 2013.
- Jannis Breuninger, Ralf Becker, Andreas Wolf: Generative Fertigung mit Kunststoffen: Konzeption und Konstruktion für Selektives Lasersintern.
- Johannes Lutz, Matthias Haag: 3D-Druck Profi-Wissen, ISBN:978-3-00- 061866-6, Eigenverlag 2019.

---

## Applied Machine Learning

---

Die Teilnehmenden können die Konzepte des maschinellen Lernens beurteilen. Sie können den Grundaufbau und Variationen der Verfahren ermitteln. Sie können den Prozess zum Aufbau qualitativ hochwertiger Modelle bestimmen und entsprechende Weichenstellungen definieren. Sie können diese Modelle trainieren und ihre Leistung verlässlich analysieren.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Wahlmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	N.N.
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	120 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Umgang mit PC, Basiswissen Programmieren, Mathematik auf Bachelorniveau Ingenieursstudium, Basiswissen Wahrscheinlichkeitslehre
<b>Sprache</b>	DE, EN
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Applied Machine Learning
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100 % PLK
<b>Lehrende</b>	
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	PLK 90 min
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## Lehrinhalte

1. Introduction: What is AI?  
Build an understanding of what constitutes AI, beyond marketing buzz-words.
2. Introduction: Python & Machine Learning  
Learn the basics of a programming language ubiquitous in Data Analytics.
3. CRISP-DM: A process to develop ML-Solutions  
Quality and reproducibility built into this standardized, encompassing approach.
4. Modelling – general procedure & principles explained using regression  
Creating models with low bias and high precision by introducing additional steps.
5. Methods  
The core of any ML solution, learning methods for prediction.
6. Ensemble Methods  
Improve on the predictive accuracy by applying meta models.

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können verschiedene Verfahren des maschinellen Lernens bewerten. Sie sind in der Lage, für eine bestimmte Problemstellung die korrekten Methoden zu bestimmen und sie anzuwenden. Sie sind in der Lage, die Ergebnisse der Anwendung kritisch zu analysieren und diese zu evaluieren.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden können kleinere Problemstellungen sowohl selbstständig als auch in Teams bearbeiten. Sie können ihre Ausarbeitungen in Referaten diskutieren und ihre Vorgehensweise darlegen.

## Literatur

- **Machine Learning:**  
James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). An introduction to statistical learning. New York: Springer.  
Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2008). The elements of statistical learning. New York: Springer.  
Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). Understanding machine learning: From theory to algorithms. Cambridge University Press.
- **Python:**  
Lutz, M. (2013). Learning python: Powerful object-oriented programming. O'Reilly Media.  
Albon, C. (2018). Python machine learning cookbook. O'Reilly Media.  
Russell, R. (2018). Machine learning: Step-by-step guide to implement machine learning algorithms with python. [sn].  
Géron, A. (2017). Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. O'Reilly Media.
- **Statistik (Grundlagen):**  
Bamberg, G., Baur, F., & Krapp, M. (2009). Statistik, 15. Auflage  
Ross, S. M. (2014). Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. Academic Press.  
Fahrmeir, L., Heumann, C., Künstler, R., Pigeot, I., & Tutz, G. (2016). Statistik: Der Weg zur Datenanalyse. Springer-Verlag. (ISBN: 978-3-662-50372-0)

## **Semester 4**

---

## Masterthesis/Begleitveranstaltung

---

Die Teilnehmenden verstehen die Verbindung zwischen Wissenschaft und Praxis und können unter Verwendung der jeweils angemessenen Methoden innerhalb einer vorgegebenen Frist selbstständig eine Fragestellung aus dem Aufgabengebiet bearbeiten, Daten interpretieren und bewerten und die Ergebnisse sachgerecht darstellen. Sie können komplexe fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht präsentieren und verteidigen, sowohl mündlich als auch schriftlich. Sie sind fähig, effiziente Arbeitstechniken zu entwickeln.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Markus Kley
<b>Studiensemester</b>	4
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Sommersemester oder Wintersemester
<b>Credits</b>	25
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	6 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	744 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Formal: Bestehen von 50 CP aus den Modulen aus den ersten drei Semestern. Für „Defence“: Abgabe der Masterarbeit Inhaltlich: -
<b>Sprache</b>	DE, EN
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	9999 Thesis 9997 Begleitende Veranstaltung 9998 Defence
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	Masterthesis PLS 85%, Defence PLM 15%
<b>Lehrende</b>	Individuell, je nach Thema (Masterthesis & Defence), Prof. Dr. Andreas Häger (Begleitende Veranstaltung)
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung, Projekt
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	a) PLS b) PLM
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

Individuell aus dem thematischen Umfeld der Studieninhalte des Masterstudiengangs.

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist und unter Begleitung des betreuenden Professors / der betreuenden Professorin eine fachspezifische, anwendungsbezogene Aufgabenstellung selbstständig unter Verwendung wissenschaftlicher Methoden zu bearbeiten. Dabei können sie die im Masterstudium erworbenen ingenieurwissenschaftlichen Fach- und Methodenkompetenzen anwenden und sind imstande, sich in Aufgabenstellungen des Studiengebiets Maschinenbau vertiefend einzuarbeiten. Sie sind fähig, eine schriftliche Ausarbeitung zu entwerfen, um die Ergebnisse sachgerecht darzustellen. Sie können diese im Rahmen eines Kolloquiums zielgruppengerecht vorstellen und in einen breiteren fachlichen Zusammenhang einordnen. Die Teilnehmenden sind dabei in der Lage, ihr Thema schlüssig vorzutragen und auf Fragen kompetent zu antworten. Die Teilnehmenden können Probleme analysieren und lösen. Sie können gesammelte Daten bewerten und deren Relevanz sowie Plausibilität beurteilen.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, eigenverantwortlich und termingerecht ein Projekt zu bearbeiten, indem sie komplexe Probleme analysieren, strukturieren und lösen können, im Rahmen einer praxisrelevanten Fragestellung. Die Teilnehmenden sind fähig, sich selbstständig zu organisieren, indem sie in angemessener Weise Prioritäten setzen und den Belastungen während des Moduls standhalten. Sie können Kritik annehmen und sich konstruktiv damit auseinandersetzen.

## **Literatur**

Individuelle Literatur entsprechend dem Themengebiet.

---

## Transferprojekt

---

Die Teilnehmenden beherrschen die Anwendung der jeweils angemessenen Arbeitsmethoden, die sich an der konkreten Aufgabenstellung ausrichten. Sie sind in der Lage, Daten zu interpretieren und zu bewerten. Komplexe Inhalte können sie klar und zielgruppengerecht präsentieren und verteidigen, sowohl mündlich als auch schriftlich.

<b>Studienangebot</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung_Graduate Campus_SPO 901
<b>EPO-Version</b>	901
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortliche</b>	Prof. Dr. Markus Kley
<b>Studiensemester</b>	4
<b>Angebotshäufigkeit</b>	Wintersemester oder Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz / virtuelle Präsenz</b>	2 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung</b>	148 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Maschinenbau & Digitalisierung, Master Wirtschaftsingenieurwesen_Graduate Campus_SPO 901
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	
<b>Sprache</b>	DE, EN
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	84 303 Transferprojekt
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	Schriftliche Ausarbeitung 70%, Präsentation 30%
<b>Lehrende</b>	Eine Auswahl von Lehrenden aus dem Studiengang zur Betreuung der Projekte wird bei der Kick-Off Veranstaltung bekannt gegeben.
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Projekt
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises</b>	a) PLP b) PLS
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein

## **Lehrinhalte**

Individuell aus dem thematischen Umfeld der Studieninhalte des Masterstudiengangs.

## **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus der Praxis in einem von ihnen frei gewählten Themengebiet selbstständig zu bearbeiten. Sie können eine schriftliche Ausarbeitung nach wissenschaftlichen Grundsätzen erstellen und diese im Rahmen einer Präsentation verteidigen und in einem Kolloquium in einen breiteren fachlichen Zusammenhang einordnen. Sie sind fähig, sich in Aufgabenstellungen des Studienggebietes Maschinenbau vertiefend einzuarbeiten, Probleme zu analysieren und zu lösen.

## **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, eigenverantwortlich und termingerecht ein Projekt zu bearbeiten, indem sie komplexe Probleme analysieren, strukturieren und lösen können. Sie sind in der Lage, sich selbst zu organisieren und können Kritik annehmen und sich konstruktiv damit auseinandersetzen.

## **Literatur**

Individuelle Literatur entsprechend dem Themengebiet.