



FRIEDRICH-ALEXANDER  
UNIVERSITÄT  
ERLANGEN-NÜRNBERG  
TECHNISCHE FAKULTÄT

Masterstudiengang

# Medizintechnik

Modulhandbuch

SS 2017

Prüfungsordnungsversion: 2013

Teilauszug Abschnitt

Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik,  
Gerätetechnik und Prothetik

Modulhandbuch generiert aus *UnivIS*  
Stand: 29.08.2021 23:11





# Medizintechnik (Master of Science)

SS 2017; Prüfungsordnungsversion: 2013

## M2 Ingenieurwissenschaftliche Kernmodule (GPP)

Es sind Module im Umfang von 20 ECTS zu belegen.

- Digitale Regelung, 5 ECTS, Andreas Michalka, SS 2017 4
- Nichtlineare Kontinuumsmechanik / Nonlinear Continuum Mechanics, 5 ECTS, Paul Steinmann, Jan Friederich, SS 2017 6
- Methode der Finiten Elemente, 5 ECTS, Kai Willner, Dozenten, SS 2017 8
- Umformtechnik, 5 ECTS, Marion Merklein, SS 2017 10
- Physik der Biologischen Materie, 7.5 ECTS, Ben Fabry, SS 2017 12
- Produktionssystematik, 5 ECTS, Jörg Franke, SS 2017 13
- Nachgiebige Systeme, 5 ECTS, Alexander Hasse, SS 2017 14
- Technische Schwingungslehre, 5 ECTS, Kai Willner, Martin Jersch, SS 2017 16
- Fertigungsmesstechnik II, 5 ECTS, N.N, SS 2017 19
- Technische Produktgestaltung, 5 ECTS, Sandro Wartzack, Benjamin Schleich, SS 2017 22
- Rechnergestützte Messtechnik, 5 ECTS, Tino Hausotte, Zhongyuan Sun, SS 2017 26

## M3 Medizintechnische Kernmodule (GPP)

Es sind Module im Umfang von 20 ECTS zu belegen.

- Biomechanik: Mechanische Eigenschaften biologischer Materialien, 2.5 ECTS, Benoit Merle, Claudia Fleck, SS 2017 30
- Medizintechnik II, 5 ECTS, Aldo R. Boccaccini, SS 2017 32

## M5 Medizintechnische Vertiefungsmodule (GPP)

Es sind Module im Umfang von 10 ECTS zu belegen.

- Biomaterialien für Tissue Engineering-MT, 2.5 ECTS, Aldo R. Boccaccini, SS 2017 33
- Praktische Anwendungen des Qualitätsmanagements, 5 ECTS, N.N, SS 2017 34
- Handhabungs- und Montagetechnik, 5 ECTS, Jörg Franke, u.a., SS 2017 36
- Technologie der Verbundwerkstoffe, 2.5 ECTS, Dietmar Drummer, SS 2017 38
- Theoretische Dynamik (2V + 2Ü), 5 ECTS, Holger Lang, SS 2017 40
- Geometrische numerische Integration, 5 ECTS, Sigrid Leyendecker, Holger Lang, SS 2017 44
- Dynamik nichtlinearer Balken, 5 ECTS, Holger Lang, SS 2017 47
- Integrated Production Systems (Lean Management), 5 ECTS, Jörg Franke, SS 2017 51

UnivIS: 29.08.2021 23:11

3

---

Modulbezeichnung: Digitale Regelung (DIR) 5 ECTS  
(Digital Control)

Modulverantwortliche/r: Andreas Michalka

UnivIS: 29.08.2021 23:11

3

Lehrende: Andreas Michalka

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch      |

**Lehrveranstaltungen:**

Digitale Regelung (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Andreas Michalka)  
Übungen zu Digitale Regelung (SS 2017, Übung, 2 SWS, Jakob Gabriel)

Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:

Regelungstechnik A (Grundlagen)  
Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden)

**Inhalt:**

Es werden Aufbau u. mathematische Beschreibung digitaler Regelkreise für LZI-Systeme sowie Verfahren zu deren Analyse und Synthese betrachtet:

- quasikontinuierliche Beschreibung und Regelung der Strecke unter Berücksichtigung der DA- bzw. AD-Umsetzer
- zeitdiskrete Beschreibung der Regelstrecke als Zustandsdifferenzengleichung oder zÜbertragungsfunktion
- Analyse von Abtastsystemen, Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit
- Regelungssynthese: Steuerungsentwurf, Zustandsregelung und Beobachterentwurf, Störungen im Regelkreis, Berücksichtigung von Totzeiten, „Intersampling-Verhalten“.

**Lernziele und Kompetenzen:**

Die Studierenden

- erläutern Aufbau und Bedeutung digitaler Regelkreise.
- leiten mathematische Beschreibungen des Abtastsystems in Form von Zustandsdifferenzengleichungen oder z- Übertragungsfunktionen her.
- analysieren Abtastsysteme und konzipieren digitale Regelungssysteme auf Basis quasikontinuierlicher sowie zeitdiskreter Vorgehensweisen.
- entwerfen Steuerungen, Regelungen und Beobachter und bewerten die erzielten Ergebnisse.
- diskutieren abtastregelungsspezifische Effekte und bewerten Ergebnisse im Vergleich mit dem kontinuierlichen Systemverhalten.

**Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:**

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "123#67#H", "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Bachelor of Science)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)", "Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science)", "Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)" verwendbar.

**Studien-/Prüfungsleistungen:**

Digitale Regelung (Prüfungsnummer: 73601)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100% Prüfungssprache: Deutsch

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Andreas Michalka

---

Organisatorisches:

Die Vorlesungen "Regelungstechnik A" und "Regelungstechnik B" oder "Einführung in die Regelungstechnik" werden vorausgesetzt.

Modulbezeichnung: Nichtlineare Kontinuumsmechanik / Nonlinear Continuum Mechanics (NLKM)  
(Nonlinear Continuum Mechanics)

5 ECTS

Modulverantwortliche/r: Paul Steinmann

Lehrende: Jan Friederich, Paul Steinmann

|                        |                       |                                |
|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS)          |
| Präsenzzeit: 90 Std.   | Eigenstudium: 60 Std. | Sprache: Deutsch oder Englisch |

Lehrveranstaltungen:

Nichtlineare Kontinuumsmechanik / Nonlinear continuum mechanics (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Paul Steinmann)

Übungen zur Nichtlinearen Kontinuumsmechanik (SS 2017, Übung, 2 SWS, Jan Friederich)

Empfohlene Voraussetzungen:

Kenntnisse aus dem Modul "*Statik, Elastostatik und Festigkeitslehre*" und "*Lineare Kontinuumsmechanik*"

Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:

Lineare Kontinuumsmechanik / Linear Continuum Mechanics Statik,  
Elastostatik und Festigkeitslehre

Inhalt:

Kinematics

- Displacement and deformation gradient
- Field variables and material (time) derivatives
- Lagrangian and Eulerian framework Balance equations
- Stress tensors in the reference and the current configuration
- Derivation of balance equations Constitutive equations
- Basic requirements, frame indifference
- Elastic material behaviour, Neo-Hooke

Variational formulation and solution by the finite element method

- Linearization
- Discretization
- Newton method

Lernziele und Kompetenzen:

Die Studierenden

- erwerben fundierte Kenntnis über Feldgrößen (Deformation, Verschiebungen, Verzerrungen und Spannungen) als orts- und zeitabhängige Größen im geometrisch nichtlinearen Kontinuum.
- verstehen die Zusammenhänge zwischen der Lagrange'schen und Euler'schen Darstellung der kinematischen Beziehungen und Bilanzgleichungen.
- können die konstitutiven Gleichungen für elastisches Materialverhalten auf Grundlage thermodynamischer Betrachtungen ableiten.
- können die vorgestellten Theorien im Rahmen der finiten Elementmethode für praktische Anwendungen reflektieren.

Objectives

The students

- obtain profound knowledge on the description of field variables in non-linear continuum theory
- know the relation/transformation between the Lagrangian and the Eulerian framework

- are able to derive constitutive equations for elastic materials on the basis of thermodynamic assumptions
  - are familiar with the basic concept of variational formulations and how to solve them within a finite element framework Literatur:
  - Betten: Kontinuumsmechanik, Berlin:Springer 1993
  - Altenbach, Altenbach: Einführung in die Kontinuumsmechanik, Stuttgart:Teubner 1994
- 

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "123#67#H", "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)", "International Production Engineering and Management (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Medizintechnik (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

Studien-/Prüfungsleistungen:

Nichtlineare Kontinuumsmechanik (Prüfungsnummer: 72601)

(englische Bezeichnung: Nonlinear Continuum Mechanics)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018  
1. Prüfer: Paul Steinmann

Nichtlineare Kontinuumsmechanik / Nonlinear Continuum Mechanics (Prüfungsnummer: 342006)

(englische Bezeichnung: Nonlinear Continuum Mechanics)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 0%

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018  
1. Prüfer: Paul Steinmann

---

|                         |                                                               |        |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Methode der Finiten Elemente (FEM)<br>(Finite Element Method) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Kai Willner                                                   |        |
| Lehrende:               | Dozenten, Kai Willner                                         |        |

---

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 90 Std.   | Eigenstudium: 60 Std. | Sprache: Deutsch      |

---

Lehrveranstaltungen:

Methode der Finiten Elemente (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Kai Willner)  
Übungen zur Methode der Finiten Elemente (SS 2017, Übung, 2 SWS, Maximilian Volkan Baloglu et al.)  
Tutorium zur Methode der Finiten Elemente (SS 2017, Tutorium, Maximilian Volkan Baloglu et al.)

---

Inhalt:

### *Modellbildung und Simulation Mechanische und mathematische Grundlagen*

- Das Prinzip der virtuellen Verschiebungen
- Die Methode der gewichteten Residuen *Allgemeine Formulierung der FEM*
- Formfunktionen
- Elemente für Stab- und Balkenprobleme
- Locking-Effekte
- Isoparametrisches Konzept
- Scheiben- und Volumenelemente *Numerische Umsetzung*
- Numerische Quadratur
- Assemblierung und Einbau von Randbedingungen
- Lösen des linearen Gleichungssystems
- Lösen des Eigenwertproblems
- Zeitschrittintegration

### Lernziele und Kompetenzen:

#### *Fachkompetenz Wissen*

- Die Studierenden kennen verschiedene Diskretisierungsverfahren zur Behandlung kontinuierlicher Systeme.
- Die Studierenden kennen das prinzipielle Vorgehen bei der Diskretisierung eines mechanischen Problems mit der Methode der finiten Elementen und die entsprechenden Fachtermini wie Knoten, Elemente, Freiheitsgrade etc.
- Die Studierenden kennen die Verschiebungsdifferentialgleichungen für verschiedene Strukturelemente wie Stäbe, Balken, Scheiben und das 3D-Kontinuum.
- Die Studierenden kennen die Methode der gewichteten Residuen in verschiedenen Varianten.
- Die Studierenden kennen das Prinzip der virtuellen Arbeiten in den verschiedenen Ausprägungen für Stäbe, Balken, Scheiben und das 3D-Kontinuum.
- Die Studierenden kennen verschiedene Randbedingungstypen und ihre Behandlung im Rahmen der Methode der gewichteten Residuen bzw. des Prinzips der virtuellen Verschiebungen.
- Die Studierenden kennen die Anforderungen an die Ansatz- und Wichtungsfunktionen und können die gängigen Formfunktionen für verschiedene Elementtypen angeben.
- Die Studierenden kennen das isoparametrische Konzept.
- Die Studierenden kennen Verfahren zur numerischen Quadratur.
- Die Studierenden kennen Verfahren zur Lösung linearer Gleichungssysteme, zur Lösung von Eigenwertproblemen und zur numerischen Zeitschrittintegration.

#### *Verstehen*

- Die Studierenden verstehen den Zusammenhang zwischen der Methode der gewichteten Residuen und dem Prinzip der virtuellen Arbeiten bei mechanischen Problemen.
- Die Studierenden verstehen den Unterschied zwischen Schubstarrer und Schubweicher Balkentheorie sowie die daraus resultierenden unterschiedlichen Anforderungen an die Ansatzfunktionen.
- Die Studierenden verstehen das Problem der Schubversteifung.
- Die Studierenden können das isoparametrische Konzept erläutern, die daraus resultierende Notwendigkeit numerischer Quadraturverfahren zur Integration der Elementmatrizen und das Konzept der zuverlässigen Integration erklären.
- Die Studierenden können den Unterschied zwischen Lagrange- und Serendipity-Elementen sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile erläutern.

#### *Anwenden*

- Die Studierenden können ein gegebenes Problem geeignet diskretisieren, die notwendigen Indextafeln aufstellen und die Elementmatrizen zu Systemmatrizen assemblieren.



- Die Studierenden können die Randbedingungen eintragen und das Gesamtsystem entsprechend partitionieren.
- Die Studierenden können polynomiale Formfunktionen vom Lagrange-, Serendipity- und Hermite-Typ konstruieren.
- Die Studierenden können für die bekannten Elementtypen die Elementmatrizen auf analytischen bzw. numerischen Weg berechnen.

#### Analysieren

- Die Studierenden können für eine gegebene, lineare Differentialgleichung die schwache Form aufstellen, geeignete Formfunktionen auswählen und eine entsprechende Finite-ElementeFormulierung aufstellen.

#### Literatur:

- Knothe, Wessels: Finite Elemente, Berlin:Springer
- Hughes: The Finite Element Method, Mineola:Dover

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### [1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "123#67#H", "Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)", "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Bachelor of Science)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Medizintechnik (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Methode der Finiten Elemente (Prüfungsnummer: 45501)

(englische Bezeichnung: Finite Element Method)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablesung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Kai Willner

|                   |                                       |        |
|-------------------|---------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung: | Umformtechnik (UT)<br>(Metal Forming) | 5 ECTS |
|-------------------|---------------------------------------|--------|

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Modulverantwortliche/r: | Marion Merklein |
|-------------------------|-----------------|

|           |                 |
|-----------|-----------------|
| Lehrende: | Marion Merklein |
|-----------|-----------------|

|                        |                   |                       |
|------------------------|-------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester | Turnus: jährlich (SS) |
|------------------------|-------------------|-----------------------|

|                      |                       |                  |
|----------------------|-----------------------|------------------|
| Präsenzzeit: 60 Std. | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch |
|----------------------|-----------------------|------------------|

#### Lehrveranstaltungen:

Umformtechnik (SS 2017, Vorlesung, 4 SWS, Marion Merklein)

#### Inhalt:

In der Vorlesung Umformtechnik am Lehrstuhl für Fertigungstechnologie werden die grundlegenden Kenntnisse zu den verschiedenen Verfahren der Massiv- und Blechumformung vermittelt. Zunächst werden die Grundlagen der Werkstoffkunde, der Plastizitätstheorie und der Tribologie behandelt, die als Basis für das Verständnis der einzelnen Umformverfahren dienen. Anschließend werden die Verfahren der Massivumformung - Stauchen, Schmieden, Walzen, Durchdrücken und Durchziehen - und der Blechumformung - Tiefziehen, Streckziehen, Kragenziehen, Biegen und Schneiden - vorgestellt. Anhand von Prinzipskizzen und Musterteilen wird vor allem auf die erforderlichen Kräfte und Arbeiten, die KraftWeg-Verläufe, die Spannungsverläufe in der Umformzone, die Kenngrößen und Verfahrensgrenzen, die Werkzeug- und Werkstückwerkstoffe, die Werkzeugmaschinen und die erreichbaren Genauigkeiten eingegangen. Dabei werden neben den Standardverfahren auch Sonderverfahren und aktuelle Trends angesprochen. In der Vorlesung ist eine Übung integriert, in der das vermittelte Wissen angewendet wird.

#### Lernziele und Kompetenzen:

##### *Fachkompetenz Wissen*

- Die Studierenden erwerben Wissen über die Grundlagen der Umformverfahren.

##### *Verstehen*

- Die Studierenden können verschiedene Umformverfahren beschreiben sowie anhand verschiedener Kriterien vergleichen.

##### *Anwenden*

- Die Studierenden sind in der Lage, das vermittelte Wissen zur Lösung konkreter umformtechnischer Problemstellungen anzuwenden.

##### *Analysieren*

- Die Studierenden können geeignete Fertigungsverfahren zur umformtechnischen Herstellung von Produkten bestimmen.

#### Literatur:

- Lange, K.: Umformtechnik (Band 1-3), Berlin, Heidelberg, New York, Springer 1984
- 

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### [1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "International Production Engineering and Management (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Umformtechnik (Prüfungsnummer: 72001)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 120 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Marion Merklein

---

#### Organisatorisches:

Vorlesungen "Produktionstechnik I+II" und "Werkstoffkunde" bzw. entsprechende Kenntnisse

Prüfung: meist schriftlich im Herbst (Oktober) oder Frühjahr (April)

|                                                                                                |                                                                            |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Modulbezeichnung:                                                                              | Physik der Biologischen Materie (ILS-P5)<br>(Physics of Biological Matter) | 7.5 ECTS              |
| Modulverantwortliche/r:                                                                        | Ben Fabry                                                                  |                       |
| Lehrende:                                                                                      | Ben Fabry                                                                  |                       |
| Startsemester: SS 2017                                                                         | Dauer: 1 Semester                                                          | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 75 Std.                                                                           | Eigenstudium: 150 Std.                                                     | Sprache: Deutsch      |
| Lehrveranstaltungen:<br>Biophysik/Biomechanik (SS 2017, Vorlesung mit Übung, Ben Fabry et al.) |                                                                            |                       |

#### Inhalt:

- Grundlagen der Kontinuumsmechanik
- Thermodynamik elastischer Deformationen
- Diffusionsvorgänge in biologischen Medien
- Molekulare Motoren
- Modelle der Muskelkontraktion
- Komponenten des Zellskeletts
- Rheology biologischer Materie.

#### Lernziele und Kompetenzen:

##### Die Studierenden

- sind in der Lage, Grundlagen der Biophysik mit Schwerpunkt molekularer Fragestellungen darzustellen und zu erklären
- können bestimmte physikalische Vorgänge (Diffusion, Deformation) in biologischen Medien nachvollziehen
- können Modelle der Muskelkontraktion verstehen und anwenden
- sind fähig, das theoretische Fachwissen im Bereich der Physik biologischer Materie in den praktischen Übungen anzuwenden

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### [1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Integrated Life Sciences: Biologie, Biomathematik, Biophysik (Bachelor of Science)" verwendbar.

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

##### Klausur zur Vorlesung Physik der Biologischen Materie (Prüfungsnummer: 68401)

(englische Bezeichnung: Examination (Klausur) on Lecture: Physics of Biological Matter)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstabwegung: SS 2017, 1. Wdh.: SS 2017

1. Prüfer: Ben Fabry

|                         |                                                        |        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Produktionssystematik (PS)<br>(Production Systematics) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Jörg Franke                                            |        |
| Lehrende:               | Jörg Franke                                            |        |

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch      |

#### Lehrveranstaltungen:

- Produktionssystematik (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Jörg Franke et al.)
- Übung zu Produktionssystematik (SS 2017, Übung, 2 SWS, Jörg Franke et al.)

#### Inhalt:

Ziel dieser Vorlesung Produktionssystematik ist es, dem Studenten die gesamte Bandbreite der technischen Betriebsführung von der Planung, Organisation und technischen Auftragsabwicklung bis hin zu Fragen des Management und der Personalführung, Entlohnung sowie Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung näherzubringen. Die Übung zur Vorlesung vertieft diese Themen.

#### Lernziele und Kompetenzen:

Nach einem Besuch der Vorlesung Produktionssystematik sollen die Studenten in der Lage sein:

- Ziele, Strategien, Vision und Mission der Unternehmen beurteilen zu können;
- sich in der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmen zurecht zu finden;
- die Inhalte der wesentlichen Kernprozesse produzierender Unternehmen zu kennen;
- die technische und administrative Auftragsabwicklung nachzuvollziehen.

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### [1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Informatik (Bachelor of Science)", "Informatik (Master of Science)", "International Production Engineering and Management (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Produktionssystematik (Vorlesung mit Übung) (Prüfungsnummer: 71011)

(englische Bezeichnung: Production Systematics)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 120 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstabling: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Jörg Franke

|                   |                                                       |        |
|-------------------|-------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung: | Nachgiebige Systeme (NaSys)<br>(Compliant Mechanisms) | 5 ECTS |
|-------------------|-------------------------------------------------------|--------|

Modulverantwortliche/r: Alexander Hasse

Lehrende: Alexander Hasse

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch      |

#### Lehrveranstaltungen:

Empfohlene Voraussetzungen:  
Statik und Festigkeitslehre

Inhalt:

Nachgiebige Mechanismen, auch Festkörpermechanismen oder engl. Compliant Mechanisms genannt, erzeugen Bewegung über die elastische Deformation des Materials und nicht über das Gleiten oder Rollen von Elementen, wie es bei konventionellen Mechanismen der Fall ist. Dadurch ergeben sich zahlreiche Vorteile wie beispielsweise Reib-, Verschleiß- und Spielfreiheit sowie ein kostengerechtes, monolithisches Bauteildesign. Heute finden diese speziellen Systeme vor allem Anwendung in der Präzisionstechnik und als kostengünstige Gelenkverbindungen bei Massenprodukten. Zudem eignen sich Nachgiebige Mechanismen besonders gut für die knickfreie kontinuierliche Formadaption, da die Verformung hier im Unterschied zu klassischen Gelenken über die ganze Struktur verteilt werden kann. Diese „smoothe“ Art der Formänderung ermöglicht zum Beispiel eine besonders effiziente Strömungsinteraktion bei Tragflächen. In Kombination mit aktiven Materialien, wie zum Beispiel Piezokeramiken oder Formgedächtnislegierungen, zeigen nachgiebige Mechanismen ihr volles Potential: Es entstehen mechatronische Systeme, welche klassische Systeme in Leichtbaueigenschaften, Effizienz und Funktionsintegration weit übertreffen.

Einführung in Nachgiebige Systeme

- Funktionsprinzip
  - Vorteile und Nachteile
  - Klassifizierung von nachgiebigen Mechanismen
  - Anforderungen an nachgiebige Mechanismen
  - Anwendungsmöglichkeiten
- Strukturmechanische Modellbildung von nachgiebigen Systemen

- Lineare und nichtlineare Balkentheorie
- Numerische Berechnung linearer Balkentragwerke
- Numerische Berechnung nichtlinearer Balken
- Mechanismusanalyse mittels „Pseudo-Rigid-Body“-Modelle Optimierungsbasierter Entwurf nachgiebiger Systeme
- Einführung in die Strukturoptimierung
- Formoptimierung nachgiebiger Systeme
- Topologieoptimierung nachgiebiger Systeme
- Synthese nachgiebiger Mechanismen für die Formadaption
- Synthese bistabiler nachgiebiger Mechanismen Lernziele und Kompetenzen: Die Studierenden:
- Erklären das Funktionsprinzip, die Vor- und Nachteile, die Klassifizierung und Anwendungsmöglichkeiten von nachgiebigen Mechanismen (Verstehen - Fachkompetenz)
- Analysieren das mechanische Verhalten nachgiebiger Mechanismen analytisch und numerisch mit Matlab (Analysieren - Lern- und Methodenkompetenz)
- klassifizieren verschiedene strukturmechanischen Anforderungen (Verstehen - Lern- und Methodenkompetenz)
- stellen Optimierungsprobleme für nachgiebige Mechanismen formal auf (Anwenden - Lern- und Methodenkompetenz)
- verstehen den Aufbau numerischer Optimierungsroutinen (Verstehen - Fachkompetenz)
- Erklären die Funktionsweise verschiedener Optimierungsalgorithmen (Verstehen - Fachkompetenz)
- implementieren Optimierungsroutinen in Matlab (Anwenden - Lern- und Methodenkompetenz)
- erzeugen mithilfe der implementierten Optimierungsroutinen nachgiebige Mechanismen für individuelle Abforderungen (Erschaffen- Lern- und Methoden-Kompetenz) Literatur:
- Howell, Larry L. Compliant mechanisms. John Wiley & Sons, 2001.
- Howell, Larry L., Spencer P. Magleby, and Brian M. Olsen, eds. Handbook of compliant mechanisms.

John Wiley & Sons, 2013.

- Smith, Stuart T. Flexures: elements of elastic mechanisms. CRC Press, 2000.
- Lobontiu, Nicolae. Compliant mechanisms: design of flexure hinges. CRC Press, 2010.

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

Studien-/Prüfungsleistungen:

Nachgiebige Systeme (Prüfungsnummer: 69001)

(englische Bezeichnung: Compliant Mechanisms)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 0%

weitere Erläuterungen:

Die Note ergibt sich zu 100% aus der Klausur. Prüfungssprache:

Deutsch

Erstablesung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Alexander Hasse

Organisatorisches:

Empfohlene Voraussetzungen: Statik und Festigkeitslehre (TM 1-2) Bemerkungen:

Anmeldung via StudOn erforderlich.

|                   |                                                              |        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung: | Technische Schwingungslehre (TSL)<br>(Mechanical Vibrations) | 5 ECTS |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|--------|

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| Modulverantwortliche/r: | Kai Willner |
|-------------------------|-------------|

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| Lehrende: | Martin Jerschl, Kai Willner |
|-----------|-----------------------------|

|                        |                   |                       |
|------------------------|-------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester | Turnus: jährlich (SS) |
|------------------------|-------------------|-----------------------|

|                      |                       |                  |
|----------------------|-----------------------|------------------|
| Präsenzzeit: 90 Std. | Eigenstudium: 60 Std. | Sprache: Deutsch |
|----------------------|-----------------------|------------------|

Lehrveranstaltungen:

Technische Schwingungslehre (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Kai Willner)

Tutorium zur Technischen Schwingungslehre (SS 2017, optional, Tutorium, 2 SWS, Martin Jerschl et al.)

Übungen zur Technischen Schwingungslehre (SS 2017, Übung, 2 SWS, Martin Jerschl)

Empfohlene Voraussetzungen:

Kenntnisse aus dem Modul *Dynamik starrer Körper*

Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird: Dynamik starrer Körper (3V+2Ü+2T)

Inhalt:

*Charakterisierung von Schwingungen Mechanische und mathematische Grundlagen*

- Bewegungsgleichungen
- Darstellung im Zustandsraum

*Allgemeine Lösung zeitinvarianter Systeme*

- Anfangswertproblem
- Fundamentalmatrix
- Eigenwertaufgabe

*Freie Schwingungen*

- Eigenwerte und Wurzelortskurven
- Zeitverhalten und Phasenportraits
- Stabilität

*Erzwungene Schwingungen*

- Sprung- und Impulserregung
- harmonische und periodische Erregung
- Resonanz und Tilgung

*Parametererregte Schwingungen*

- Periodisch zeitinvariante Systeme *Experimentelle Modalanalyse*
- Bestimmung der Übertragungsfunktionen
- Bestimmung der modalen Parameter
- Bestimmung der Eigenmoden Lernziele und Kompetenzen:

*Fachkompetenz Wissen*

- Die Studierenden kennen verschiedene Methoden die Bewegungsdifferentialgleichungen diskreter Systeme aufzustellen.
- Die Studierenden kennen verschiedene Schwingungsarten und Schwingertypen.
- Die Studierenden kennen die Lösung für die freie Schwingung eines linearen Systems mit einem Freiheitsgrad und die entsprechenden charakteristischen Größen wie Eigenfrequenz und Dämpfungsmaß.
- Die Studierenden kennen eine Reihe von analytischen Lösungen des linearen Schwingers mit einem Freiheitsgrad für spezielle Anregungen.
- Die Studierenden kennen die Darstellung eines Systems in physikalischer Darstellung und in Zustandsform.
- Die Studierenden kennen die Darstellung der allgemeinen Lösung eines linearen Systems mit mehreren Freiheitsgraden in Zustandsform.
- Die Studierenden kennen das Verfahren der modalen Reduktion.
- Die Studierenden kennen Verfahren zur numerischen Zeitschrittintegration bei beliebiger Anregung.
- Die Studierenden kennen die Definition der Stabilität für lineare Systeme.

*Verstehen*

- Die Studierenden können ein gegebenes diskretes Schwingungssystem anhand des zugrundeliegenden Differentialgleichungssystems einordnen und klassifizieren.
- Die Studierenden verstehen den Zusammenhang zwischen der physikalischen Darstellung und der Zustandsdarstellung und können die Vor- und Nachteile der beiden Darstellungen beschreiben.
- Die Studierenden verstehen die Bedeutung der Fundamentalmatrix und können diese physikalisch interpretieren.
- Die Studierenden verstehen die Idee der modalen Reduktion und können ihre Bedeutung bei der Lösung von Systemen mit mehreren Freiheitsgraden erläutern.
- Die Studierenden können den Stabilitätsbegriff für lineare Systeme erläutern.

*Anwenden*

- Die Studierenden können die Bewegungsdifferentialgleichungen eines diskreten Schwingungssystem auf verschiedenen Wegen aufstellen
- Die Studierenden können die entsprechende Zustandsdarstellung aufstellen.
- Die Studierenden können fuer einfache lineare Systeme die Eigenwerte und Eigenvektoren von Hand ermitteln und kennen numerische Verfahren zur Ermittlung der Eigenwerte und -vektoren bei großen Systemen.
- Die Studierenden können aus den Eigenwerten und -vektoren die Fundamentalmatrix bestimmen und für gegebene Anfangsbedingungen die Lösung des freien Systems bestimmen.
- Die Studierenden können ein lineares System mit mehreren Freiheitsgraden modal reduzieren.
- Die Studierenden können die analytische Loesung eines System mit einem Freiheitsgrad für eine geeignete Anregung von Hand bestimmen und damit die Lösung im Zeitbereich und in der Phasendarstellung darstellen.

#### *Analysieren*

- Die Studierenden können problemgerecht zwischen physikalischer Darstellung und Zustandsdarstellung wählen und die entsprechenden Verfahren zur Bestimmung der Eigenlösung und gegebenenfalls der partikulären Lösung einsetzen.

#### *Evaluierten (Beurteilen)*

- Die Studierenden können anhand der Eigenwerte bzw. der Wurzelorte das prinzipielle Lösungsverhalten eines linearen Schwingungssystems beurteilen und Aussagen über die Stabilität eines Systems treffen.

#### Literatur:

Magnus, Popp: Schwingungen, Stuttgart:Teubner 2005

---

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### [1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "123#67#H", "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Bachelor of Science)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Technische Schwingungslehre (Prüfungsnummer: 71901)

(englische Bezeichnung: Mechanical Vibrations)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 120 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablegung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Kai Willner

---



Modulbezeichnung: Fertigungsmesstechnik II (FMT II)  
(Manufacturing Metrology II)

5 ECTS

Modulverantwortliche/r: Tino Hausotte

Lehrende: Assistenten, Tino Hausotte

Startsemester: SS 2017      Dauer: 1 Semester      Turnus: jährlich (SS)

Präsenzzeit: 60 Std.      Eigenstudium: 90 Std.      Sprache: Deutsch

Lehrveranstaltungen:

Fertigungsmesstechnik II (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Tino Hausotte)

Fertigungsmesstechnik II - Übung (SS 2017, Übung, 2 SWS, Tino Hausotte et al.)

Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:

Fertigungsmesstechnik I

Inhalt:

- Optische Oberflächenmesstechnik: Überblick Oberflächenabweichungen und Oberflächenmessprinzipien, Wechselwirkungen, Einteilung der optischen Oberflächenmessverfahren, Mikroskope und Komponenten, Messmikroskope, Numerische Apertur, Punktverwaschungsfunktion, Auflösungsvermögen, Modulations-Transfer-Funktion - Fokusvariation, Fokusvariation mit strukturierter Beleuchtung, Flying Spot Mikroskop, konfokales Mikroskop (Aufbau, Prinzip, Kennlinie, Nipkow-Scheibe, Scanspiegel, Mikrolinsenarray), Laserscanningmikroskop, konfokaler zwei Wellenlängenfasersensor, chromatischer Weißlichtsensor, Laser-Autofokusverfahren, Interferenzmikroskope (Michelson, Mirau, Linnik, Phasenschieber), Weißlichtinterferometer - Streulichtmessung
- Taktile Formmesstechnik: Grundlagen der Formmesstechnik, Prinzip, Charakteristika, Messaufgaben - Bauarten von taktilen Formmessgeräten (Drehtisch-, Drehspindelgeräte, Universalmessgeräte, Tastsysteme) - Messabweichungen (Einflussfaktoren, Abweichungen der Drehführung und deren Bestimmung, Abweichungen der Geradführungen) - Kalibrierung von Formmessgeräten (Flick-Normale, Vergrößerungsnormale, Kugelnormale, Mehrwellennormale) - Mehrlagenverfahren, Umschlagverfahren
- Optische Formmesstechnik: Interferometrische Formmessung (Interferenz gleicher Neigung und gleicher Dicke, Mehrstrahlinterferenz, Fabry-Perot und Fizeauinterferometer, Interferenzfilter, Newton'sche Ringe, Phasenschiebeinterferometer, Demodulation mit Phasenschiebung, synthetische Wellenlänge, Anwendung der Fizeau-Interferometrie, Einfluss der Referenzfläche, Dreiplattentest, Interferometrie streifendem Einfall, Twyman-Green Interferometer, Einsatzgrenzen) - Deflektometrische Formmessung (Überblick Deflektometrie, Grundprinzip, Extended Shear Angle Difference Methode, flächenhafte Deflektometrie, Einsatzgrenzen)
- Photogrammetrie: Grundprinzip, Stereophotogrammetrie, passive Triangulation, Grundlagen, aktive Triangulation (Punkttriangulation, linienhafte und flächenhafte Triangulation) - Streifenlichtprojektion (strukturierte Beleuchtung, Grundprinzip Ein- und Zweikerasysteme, Kodierung Gray Code, Phasenschiebung, Kombinierte Beleuchtung aus Gray Code und Phasenschiebung, Anwendung, Datenverarbeitung, Einsatzgrenzen)
- Röntgen-Computertomografie: Röntgenstrahlung, Grundprinzip der RöntgenComputertomografie, Aufbau und Scanvarianten, Röntgenstrahlquellen, Strahlungsspektrum, Wechselwirkung mit Material (Photoelektrischer Effekt, Compton Streuung), Detektoren, Vergrößerung, Rekonstruktion (Radontransformation, algebraische Rekonstruktion, gefilterte Rückprojektion, Artefakte)

(Strahlaufhärtung, Ringartefakte, Streustrahlung, Scannerausrichtung), Schwellwertfindung, Anwendung (Defekterkennung, Micro- und Nano-CT, Hochenergie-CT, Multimaterial), Rückführung

- Spezifikation und Messung optischer Komponenten: Zeichnungen für optische Elemente und Systeme, Materialspezifikation, Spezifikation von Oberflächenformtoleranzen, Prüfung der Oberflächenformabweichungen (Passe) mit Probegläsern, Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen, Messung geometrischer Spezifikationen
- Mikro- und Nanomesstechnik: Positioniersysteme (Führungen und Antriebe, Gewichtskraftkompensation), metrologischer Rahmen und Gerätekoordinatensysteme, Antastprinzipien und Messsystem (Rasterelektronenmikroskop, Rastertunnelmikroskop, Rasterkraftmikroskope, Nahfeldmikroskope, mikrotaktile Antastung), Mikro- und Nanokoordinatenmesssysteme, Einflussgrößen, Kalibrierung und Rückführung

Lernziele und Kompetenzen:

#### *Fachkompetenz Wissen*

- Die Studierenden kennen relevante Definitionen, Fachbegriffe und Kriterien der Fertigungsmesstechnik.
- Die Studierenden können einen Überblick zur Gerätetechnik der Fertigungsmesstechnik sowie deren Funktionsweise und Einsatzgebiete wiedergeben
- Die Studierenden wissen um die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen.

#### *Verstehen*

- Die Studierenden sind in der Lage die, den vorgestellten Messgeräten der Fertigungsmesstechnik, zugrundeliegenden Messprinzipien in eigenen Worten zu erläutern.
- Die Studierenden können Messaufgaben beschreiben und interpretieren, und Schwachstellen in der Planung und Durchführung erkennen.
- Die Studierenden können Messergebnisse und die zugrunde liegenden Verfahren angemessene kommunizieren und interpretieren.

#### *Anwenden*

- Die Studierenden können eigenständig geeignete Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik auswählen.
- Die Studierenden können das Erlernte auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben transferieren.

#### *Evaluierten (Beurteilen)*

- Die Studierenden können Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik beurteilen und strukturell analysieren.
- Die Studierenden sind in der Lage Messergebnisse zu hinterfragen und auf dieser Basis die Funktionalität des Messsystems sowie die zum Zeitpunkt der Messung vorherrschenden Messbedingungen zu bewerten.

#### *Erschaffen*

- Die Studierenden können die Eignungsuntersuchungen verschiedener Messprinzipien zur Erfüllung neuer Messaufgaben erstellen und auf deren Basis adaptierte Messsysteme konzipieren.

Literatur:

- International Vocabulary of Metrology - Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>
- DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie - Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012
- Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 - ISBN 3-48624219-9

- Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2011 - ISBN 9783-8348-0692-5
- Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmeßtechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 - ISBN 3-540-11784-9
- Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 - ISBN 978-3-937889-51-2
- Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 - ISBN 3-478-93212-2
- Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012
- Hausotte, Tino: Nanopositionier- und Nanomessmaschinen - Geräte für hochpräzise makro- bis nanoskalige Oberflächen- und Koordinatenmessungen. Pro Business Verlag, 2011 - ISBN 978-386805-948-9
- David J. Whitehouse: Handbook of Surface and Nanometrology, Crc Pr Inc., 2010 - ISBN 9781420082012

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Energietechnik (Master of Science)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

Studien-/Prüfungsleistungen:

Fertigungsmesstechnik II (Prüfungsnummer: 983733)

(englische Bezeichnung: Manufacturing Metrology II)

Prüfungsleistung, Klausur mit MultipleChoice, Dauer (in Minuten): 60

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 0% weitere Erläuterungen:

Die Klausur kann teilweise Multiple-Choice Aufgaben enthalten.

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Tino Hausotte

Organisatorisches:

- Unterlagen zur Lehrveranstaltung werden auf der Lernplattform StudOn ([www.studon.unierlangen.de](http://www.studon.unierlangen.de)) bereitgestellt. Das Passwort wird in der Einführungsveranstaltung bekannt gegeben.

|                         |                                                                  |        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Technische Produktgestaltung (TPG)<br>(Technical Product Design) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Sandro Wartack                                                   |        |
| Lehrende:               | Benjamin Schleich, Sandro Wartack                                |        |

|                        |                        |                       |
|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester      | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 40 Std.   | Eigenstudium: 110 Std. | Sprache: Deutsch      |

## Lehrveranstaltungen:

Technische Produktgestaltung (SS 2017, Vorlesung mit Übung, 4 SWS, Sandro Wartzack et al.)

---

### Inhalt:

- Einführung in die Technische Produktgestaltung
- Baustrukturen technischer Produkte
- Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung
- toleranzgerechtes Konstruieren
- kostengerechtes Konstruieren
- beanspruchungsgerechtes Konstruieren
- werkstoffgerechtes Konstruieren
- Leichtbau
- umweltgerechtes Konstruieren
- nutzerzentrierte Produktgestaltung

### Lernziele und Kompetenzen:

#### *Fachkompetenz Wissen*

Im Rahmen von TPG werden den Studierenden Kenntnisse zur Berücksichtigung verschiedener Aspekte des Design-for-X bei der Entwicklung technischer Produkte vermittelt. Wesentlicher Lehrinhalt der Vorlesung ist zudem das Wissen über die jeweiligen Gestaltungsrichtlinien und zugehörige Methoden. Dies sind im Einzelnen:

- Wissen über Möglichkeiten zur Umsetzung des Leichtbaus und daraus abgeleitet über spezifische Gestaltungsrichtlinien, die im Rahmen des Leichtbaus zu berücksichtigen sind, hierzu: Beanspruchungsgerechtes Konstruieren (Kraftfluss, Prinzip der konstanten Gestaltfestigkeit, Kerbwirkung, Prinzip der abgestimmten Verformung, Prinzip des Kräfteausgleichs)
- Wissen über werkstoffgerechtes Konstruieren (Anforderungs- und Eigenschaftsprofil, wirtschaftliche Werkstoffauswahl, Auswirkung der Werkstoffwahl auf Fertigung, Lebensdauer und Gewicht)
- Wissen über die Auswirkungen eines Produktes (und insbesondere der vorhergehenden Konstruktion) auf Umwelt, Kosten und den Nutzer, hierzu: Umweltgerechtes Konstruieren (Recycling, Einflussmöglichkeiten in der Produktentwicklung, Strategien zur Berücksichtigung von Umweltaspekten, Life Cycle Assessment, Produktinstandsetzung, Design for Recycling)
- Wissen über kostengerechtes Konstruieren (Beeinflussung der Lebenslauf-, Herstell- und Selbstkosten in der Produktentwicklung, Auswirkungen der Stückzahl und der Fertigungsverfahren, Entwicklungsbegleitende Kalkulation)
- Wissen über nutzerzentrierte Produktentwicklung (Anthropometrie, Nutzerintegration in der Produktentwicklung, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Beeinträchtigungen im Alter, Universal Design, Gestaltungsrichtlinien nach dem SENSI-Regelkatalog, etc.)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des „Urformens“ (Gießen, Pulvermetallurgie, Additive Fertigung)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des „Umformens“ (Schmieden, Walzen, Biegen, Schneiden, Tiefziehen, Stanzen, Fließpressen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des „Trennens“ (Zerteilen, Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen, Erodieren)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des „Fügens“ (Schweißen, Löten, Nieten, Durchsetzfügen, Kleben, Fügen durch Urformen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des „Beschichtens und Stoffeigenschaften ändern“ (Schmelztauchen, Lackieren, Thermisches Spritzen, Physical Vapour Deposition, Chemical Vapour Deposition, Galvanische Verfahren, Pulverbeschichten, Vergüten, Glühen)

- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien des montagegerechten Konstruierens bzgl. der Baustruktur technischer Produkte (Integral-, Differential und Verbundbauweise, Produktstrukturierung, Variantenmanagement, Modularisierung) und des Montageprozesses (Gestaltung der Füge- und Fügestellen, Automatisches Handhaben und Speichern, Toleranzausgleich, DFMA)
- Wissen über spezifische Inhalte des toleranzgerechten Konstruierens (insbesondere Grundlage der geometrischen Tolerierung und die Vorgehensweise zur Vergabe von Toleranzen)

### *Verstehen*

Die Lehrveranstaltung „Technische Produktgestaltung“ fördert das grundlegende Verständnis der Studierenden über die vielfältigen technischen und nicht-technischen Einflussfaktoren und deren Abhängigkeiten bei der Gestaltung technischer Produkte ausgehend von der Produktstruktur bis zur konstruktiven Bauteilgestaltung. Hierbei steht besonders das Verständnis der folgenden Inhalte im Fokus:

- Verständnis über die Spezifikation von Toleranzen, Passungen und Oberflächen in Technischen Zeichnungen unter Berücksichtigung deren Auswirkungen auf Fertigung, Montage und den Betrieb des Produktes, hierzu: Verständnis der Vorgehensweise zur Toleranzspezifikation sowie erforderlicher Grundlagen zur Tolerierung von Bauteilen (Allgemeintoleranzen, wirkliche und abgeleitete Geometrie-Elemente, Hüllbedingung, Unabhängigkeitsprinzip, Inklusion verschiedener Toleranzarten, Bezugssysteme und Ausrichtungskonzepte, statistische Toleranzanalyse, etc.)
- Verständnis über Fertigung und Montage sowie über die Bedeutung des Design-for-X und insbesondere des fertigungsgerechten Konstruierens im Produktentwicklungsprozess
- Verständnis über die Berücksichtigung nicht-technischer Faktoren, wie beispielsweise Umwelt, Kosten- und Nutzeraspekten, und deren Wechselwirkungen bei der Gestaltung technischer Produkte.

### *Anwenden*

Die Studierenden werden im Rahmen von Übungsaufgaben befähigt, Gelerntes anzuwenden. Dabei werden bestehende Entwürfe und Konstruktionen durch die Studierenden entsprechend der vermittelten Gestaltungsrichtlinien optimiert und neue Konstruktionen unter Einhaltung dieser Gestaltungsrichtlinien erschaffen. Dies beinhaltet im Einzelnen:

- Erstellung der fertigungsgerechten und montagegerechten Tolerierung von Bauteilen. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Bestimmen der zugrundeliegenden Bezugssysteme und Ausrichtungskonzepte; Bestimmen des Tolerierungsgrundsatzes. Integration von, durch Normen definierte Toleranz- und Passungsvorgaben in bestehende Tolerierungen; Zusammenfassen kombinierbarer Form- und Lagetoleranzen zu Zeichnungsvereinfachung; Festlegung der Größen der Toleranzzonen aller vergebenen Toleranzen.
- Optimierung der Tolerierung anhand der statistischen Toleranzanalyse. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Erkennen und Ableiten der analytischen Schließmaßgleichungen; Definition der zugrundeliegenden Toleranzwerten und zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilungen; Berechnung der resultierenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schließmaße; analytische Bestimmung der statistischen Beitragsleistung mittels lokaler Sensitivitätsanalysen; Beurteilung der Ergebnisse und ggf. anschließende Anpassung der Tolerierung der Bauteile; Transfer der Ergebnisse auf zeitabhängige Mechanismen (kinematische Systeme).
- Änderung der Gestaltung von Bauteilen, bedingt durch die Änderung der zu fertigenden Stückzahl der Baugruppe. Dies umschließt die folgenden Tätigkeiten: Bestimmung des konstruktiven Handlungsbedarfs; Anpassung der Gestaltung der Bauteile - insbesondere hinsichtlich der fertigungsgerechten und der montagegerechten Gestaltung. Gestaltung der erforderlichen Werkzeuge zur Fertigung der Bauteile und Bewertung dieser bzgl. der resultierenden Kosten.

### *Analysieren*

- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Produktionstechnik zu erwerbenden Kompetenzen über die Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8580
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Handhabungs- und Montagetechnik zu erwerbenden Kompetenzen über montagegerechtes Konstruieren
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Umformtechnik zu erwerbenden Kompetenzen über Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Umformen nach DIN 8580
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Konstruktionsübung zu erwerbenden Kompetenzen über das Konstruieren von Maschinen und deren konstruktive Auslegung.

#### *Evaluieren (Beurteilen)*

Anhand der erlernten Grundlagen über unterschiedliche Aspekte des Design-for-X, deren Berücksichtigung bei der Gestaltung technischer Produkte durch Gestaltungsrichtlinien, Methoden, und Vorgehensweisen sowie den dargelegten Möglichkeiten zur Rechnerunterstützung werden die Studierenden befähigt, kontextbezogene Richtlinien für die Gestaltung technischer Produkte in unbekannten Konstruktionsaufgaben auszuwählen und deren Anwendbarkeit einzuschätzen. Zudem sind sie in der Lage konträre Gestaltungsrichtlinien aufgabenspezifisch abzuwägen.

#### *Erschaffen*

Die Studierenden werden durch die erlernten Grundlagen befähigt, konkrete Verbesserungsvorschläge zu bestehenden Konstruktionen hinsichtlich unterschiedlicher Design-for-X Aspekte eigenständig zu erarbeiten. Zudem sind sie in der Lage technische Produkte so zu gestalten, dass diese verschiedenste technische und nicht-technische Anforderungen (fertigungsbezogene Anforderungen, Kostenanforderungen, Umweltaforderungen, Nutzeranforderungen, etc.) bedienen. Darüber hinaus werden die Studierenden in die Lage versetzt, Gestaltungsrichtlinien für neuartige Fertigungsverfahren aus grundlegenden Verfahrenseigenschaften abzuleiten und bei der Gestaltung technischer Produkte anzuwenden.

#### *Lern- bzw. Methodenkompetenz*

Befähigung zur selbständigen Gestaltung von Produkten und Prozessen gemäß erlernter Vorgehensweisen und Richtlinien sowie unter verschiedensten Design-for-X-Aspekten sowie zur objektiven Bewertung bestehender Produkte und Prozesse hinsichtlich gestellter Anforderungen des Design-for-X.

#### *Selbstkompetenz*

Befähigung zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen. Objektive Beurteilung sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen sowohl in fachlicher (u. a. Umsetzung der gelehrten Richtlinien des Design-for-X in der Konstruktion) als auch in sozialer Hinsicht (u. a. Erarbeitung von Lösungen und Kompromissen im interdisziplinären Team).

#### *Sozialkompetenz*

Die Studierenden organisieren selbstständig die Bearbeitung von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen und erarbeiten gemeinsam Lösungsvorschläge für die gestellten Übungsaufgaben. In der gemeinsamen Diskussion erarbeiteter Lösungen geben Betreuer und Kommilitonen wertschätzendes Feedback.

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Informatik (Bachelor of Science)", "Informatik (Master of Science)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)",

"Medizintechnik (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)",  
"Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

Studien-/Prüfungsleistungen:

Technische Produktgestaltung (Prüfungsnummer: 71101)

(englische Bezeichnung: Technical Product Design)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 120

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

weitere Erläuterungen:

Die Note ergibt sich zu 100% aus der Klausur.

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Sandro Wartzack

---



|                         |                                                                  |        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Rechnergestützte Messtechnik (RMT)<br>(Computer-Aided Metrology) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Tino Hausotte                                                    |        |
| Lehrende:               | Zhongyuan Sun, Tino Hausotte                                     |        |

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch      |

#### Lehrveranstaltungen:

- Rechnergestützte Messtechnik (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Tino Hausotte)
- Rechnergestützte Messtechnik - Übung (SS 2017, Übung, 2 SWS, Tino Hausotte et al.)

Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird: Grundlagen der Messtechnik

#### Inhalt:

- Grundlagen: Grundbegriffe (Größe, Größenwert, Messgröße, Maßeinheit, Messprinzip, Messung, Messkette, Messsignal, Informationsparameter, analoges und digitales Signal) - Prinzip eines Messgerätes, direkte und indirekte Messmethode, Kennlinie und Kennlinienarten, analoge und digitale Messmethoden, kontinuierliche und diskontinuierliche Messung, Zeit- und Wertdiskretisierung, Auflösung, Empfindlichkeit, Messbereich - Signal, Messsignal, Klassifizierung von Signalen (Informationsparameter) - Signalbeschreibung, Fourierreihen und Fouriertransformation - Fourieranalyse DFT und FFT (praktische Realisierung) - Aliasing und Shannon's-Abtasttheorem - Übertragungsverhalten (Antwortfunktionen, Frequenzgang, Übertragungsfunktion) - Laplace-Transformation, Digitalisierungskette, Z-Transformation und Wavelet-Transformation
- Verarbeitung und Übertragung analoger Signale: Messverstärker, Operationsverstärker (idealer und realer, Rückkopplung) - Kenngrößen von Operationsverstärkern - Frequenzabhängige Verstärkung von Operationsverstärkern - Operationsverstärkertypen - Rückkopplung und Grundsaltungen (Komparator, Invertierender Verstärker, Nichtinvertierender Verstärker, Impedanzwandler, StromSpannungs-Wandler, Differenzverstärker, Integrierer, Differenzierer, invertierender Addierer, Subtrahierer, Logarithmierer, e-Funktionsgeneratoren, Instrumentenverstärker) - OPV mit differentiellen Ausgang - analoge Filter (Tiefpassfilter, Hochpassfilter, Bandpassfilter, Bandsperfilter, Bodeplot, Phasenschiebung, aktive analoge Filter) - Messsignalübertragung (Einheitssignale, Anschlussvarianten) - Spannungs-Frequenz-Wandler - Galvanische Trennung und optische Übertragung - Modulatoren und Demodulatoren - Multiplexer und Demultiplexer - Abtast-Halte-Glied
- A/D- und D/A-Umsetzer: Digitale und analoge Signale - Digitalisierungskette - A/D-Umsetzer (Nachlauf ADU, Wägeverfahren, Rampen-A/D-Umsetzer, Dual Slope-Verfahren, Charge-Balancing-A/D-Umsetzverfahren, Parallel-A/D-Umsetzer, Kaskaden-A/D-Umsetzverfahren, Pipeline-A/D-Umsetzer, Delta-Sigma-A/D-Umsetzer / 1-Bit- bis N-Bit-Umsetzer, Einsatzbereiche, Kennwerte, Abweichungen, Signal-Rausch-Verhältnis) - Digital-Analog-Umsetzungskette - D/A-Umsetzer (Direkt bzw. Parallelumsetzer, Wägeumsetzer, Zählverfahren, Pulsweitenmodulation, Delta-Sigma-Umsetzer / 1-Bit- bis N-Bit-Umsetzer)
- Verarbeitung digitaler Signale: digitale Codes - Schaltnetze (Kombinatorische Schaltungslogik) Schaltalgebra und logische Grundverknüpfungen - Schaltwerke (Sequentielle Schaltnetze) - Speicherglieder (Flip-Flops, Sequentielle Grundsaltungen), Halbleiterspeicher (statische und dynamische, FIFO) - Anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs) - Programmierbare logische Schaltung (PLDs, Programmierbarkeit, Vorteile, Anwendungen, Programmierung) - Rechnerarten



- Bussysteme: Bussysteme (Master, Slave, Arbitrator, Routing, Repeater) - Arbitrierung - Topologien (physikalische und logische Topologie, Kennwerte, Punkt-zu-Punkt-Topologie, vermaschtes Netz, Stern-Topologie, Ring-Topologie, Bus-Topologie, Baum-Topologie, Zell-Topologie) - Übertragungsmedien (Mehrdrahtleitung, Koaxialkabel, Lichtwellenleiter) - ISO-OSI-Referenzmodell - Physikalische Schnittstellenstandards (RS-232C, RS-422, RS-485) - Feldbussysteme, GPIB (IEC-625-Bus), Messgerätebusse
- USB Universal Serial Bus: Struktur des Busses - Verbindung der Geräte, Transceiver, Geschwindigkeitserkennung, Signalkodierung - Übertragungsarten (Control-Transfer, Bulk-Transfer, Isochrone Transfer, Interrupt-Transfer, Datenübertragung mit Paketen) - Frames und Mikroframes, Geschwindigkeiten, Geschwindigkeitsumsetzung mit Hub - Deskriptoren und Software - Layer Entwicklungstools - Compliance Test - USB 3.0
- Digitale Filter: Analoge Filter - Eigenschaften und Charakterisierung von digitalen Filtern - Digitale Filter (Implementierung, Topologien, IIR-Filter und FIR-Filter) und Formen - Messwert-Dezimirer, digitaler Mittelwertfilter, Gaußfilter - Fensterfunktionen, Gibbs-Phänomen - Realisierung mit MATLAB - Vor- und Nachteile digitaler Filter
- Messdatenauswertung: Absolute, relative, zufällige und systematische Messabweichungen, Umgang mit Messabweichungen, Kalibrierung - Korrelationsanalyse - Kennlinienabweichungen und Methoden zu deren Ermittlung - Regressionsanalyse - Kennlinienkorrektur - Approximation, Interpolation, Extrapolation - Arten der Kennlinienkorrektur - Messpräzision, Messgenauigkeit, Messrichtigkeit, Fehlerfortpflanzungsgesetz (altes Konzept), Messunsicherheit und deren Bestimmung - Vorgehensweise zur Ermittlung der Unsicherheit, Monte-Carlo-Methode
- Schaltungs- und Leiterplattenentwurf: Leiterplatten - Leiterplattenmaterial - Leiterplattenarten - Durchkontaktierungen - Leiterplattenentwurf und -entflechtung - Software - Leiterplattenherstellung Contents
- Basics: Terms (quantity, quantity value, measurand, measurement unit, principle of measurement, measurement, measuring chain, measurement signal, information parameter, analogue and digital signal) - Principle of a measuring instrument, direct and indirect measurement, characteristic curves and characteristic curve types, analogue and digital measuring methods, continuous and discontinuous measurement, time and value discretisation, resolution, sensitivity, measuring interval (range) - Signal, measurement signal, classification of signals (information parameter) - Signal description, Fourier series and Fourier transformation - Fourier analysis - DFT and FFT (practical realization) - Aliasing and Shannon's sampling theorem - Transfer behaviour (response functions, frequency response, transfer function) - Laplace transform, digitisation chain, Z-transform and wavelet transform
- Processing and transmission of analogue signals: Measuring amplifiers, operational amplifiers (ideal and real, feedback) - Characteristics of operational amplifiers - Frequency-dependent gain of operational amplifiers - Operational amplifier types - Feedback and basic circuits (comparator, inverting amplifier, non-inverting amplifier, impedance converter, current-voltage converter, differential amplifier, integrator, differentiator, inverting adder, subtractor, logarithmic, exponential function generators, instrumentation amplifier) - OPV with differential output - Analogue filter (low pass filter, high pass filter, band pass filter, band elimination filter, Bodeplot, phase shifting, active analogue filters) - Measurement signal transmission (standard signals, connection variants) - Voltage-frequency converters - Galvanic isolation and optical transmission - modulators and demodulators - multiplexers and demultiplexers - sample-and-hold amplifier
- A/D and D/A converter: Digital and analogue signals - Digitisation chain - A/D converter (followup ADC, weighing method, ramp A/D converter, dual slope method, charge-balancing ADC, parallel ADC, cascade ADC, pipeline A/D converter, the delta-sigma A/D converter / 1-bit to N-bit converter, application, characteristics, deviations, signal-to-noise ratio) - Digital-to-analogue conversion chain - D/A converter (direct or parallel converters, weighing method, counting method, pulse width modulation, delta-sigma converter / 1-bit to N-bit converter)

- Digital signal processing: Digital codes - Switching networks (combinatorial circuit logic) - Boolean algebra and basic logic operations - Sequential circuit (sequential switching networks) - Storage elements (flip-flops, sequential basic circuits), semiconductor memory (static and dynamic, FIFO) Application Specific Integrated Circuits (ASICs) - The programmable logic device (PLD, programmability, benefits, applications, programming) - computer types
- Data bus systems: Bus systems (master, slave, arbiter, routing, repeater) - Arbitration - Topologies (physical and logical topology, characteristics, point-to-point topology, mesh network, star topology, ring topology, bus topology, tree topology, cell topology) - Transmission media (multi-wire cable, coaxial cable, fibre optic cable) - ISO OSI reference model - Physical interface standards (RS-232C, RS-422, RS-485) - Fieldbus systems, GPIB (IEC-625 bus) , Measuring device buses
- USB Universal Serial Bus: Bus structure - Connection of the devices, transceiver, speed detection, signal coding - Transfer types (control transfer, bulk transfer, isochronous transfer, interrupt transfer, data transfer with packages) - Frames and micro-frames, speeds, speed conversion with hubs Descriptors and software - Layer development tools - Compliance test - USB 3.0
- Digital filters: Analogue filter - Properties and characterization of digital filters - Digital Filter (implementation, topologies, IIR filters and FIR filters) and forms - Measurement value decimator, digital averaging filter, Gaussian filter - Window functions, Gibbs phenomenon - Realisation with MATLAB - Advantages and disadvantages of digital filters
- Data analysis: Absolute, relative, random and systematic errors, handling of measurement errors, calibration - Correlation analysis - Characteristic curve deviations and methods for their determination - Regression analysis - Characteristic curve correction - Approximation, interpolation, extrapolation - Kinds of characteristic curve correction - Measurement precision, measurement accuracy, measurement trueness, error propagation law (old concept), uncertainty and their estimation - Procedure for determining the uncertainty, Monte Carlo method
- Circuit and PCB design: Printed circuit boards (PCB) - PCB material - PCB types - Vias - PCB design and deconcentration - Software - PCB production

#### Lernziele und Kompetenzen:

##### *Fachkompetenz Wissen*

- Die Studierenden können einen Überblick zur rechnergestützten Messtechnik sowie deren Einsatzgebiete wiedergeben.
- Die Studierenden können Wissen zur rechnergestützten Messdatenerfassung, -auswertung, analyse und -visualisierung als Grundlage für zielorientierte, effiziente Entwicklung und für kontinuierliche Produkt- und Prozessverbesserung abrufen

##### *Verstehen*

- Die Studierenden können Konzepte zur Sensorintegration und Datenfusion beschreiben

##### *Evaluierten (Beurteilen)*

- Die Studierenden können rechnergestützte Werkzeuge für die Messdatenerfassung, -auswertung, -analyse und -visualisierung auswählen und bewerten.

#### Literatur:

- International Vocabulary of Metrology - Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>
- DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie - Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012
- Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 - ISBN 978-3-446-42736-5

- Lerch, Reinhard: Elektrische Messtechnik. 6. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012 ISBN 978-3-642-22608-3
  - Richter, Werner: Elektrische Meßtechnik. 3. Auflage, Verlag Technik Berlin, 1994 - ISBN 3-34101106-4
  - H. Czichos (Hrsg.): Das Ingenieurwissen Gebundene. 7. Auflage, Springer Verlag, 2012, ISBN 9783-642-22849-0.
  - Best, Roland: Digitale Meßwertverarbeitung. Oldenbourg München, 1991 - ISBN 3-486-21573-6.
  - E DIN IEC 60050-351:2013-07 International Electrotechnical Vocabulary - Part 351: Control technology / Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil 351: Leittechnik.
  - DIN 44300:1982-03 Informationsverarbeitung; Begriffe.
  - DIN 44300-1:1995-03 Informationsverarbeitung - Begriffe - Teil 1: Allgemeine Begriffe.
  - DIN 40900-12:1992-09 Graphische Symbole für Schaltungsunterlagen; Binäre Elemente.
- 

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

Studien-/Prüfungsleistungen:

Rechnergestützte Messtechnik (Prüfungsnummer: 242006)

(englische Bezeichnung: Computer-Aided Metrology)

Prüfungsleistung, Klausur mit MultipleChoice, Dauer (in Minuten): 60

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 0% weitere Erläuterungen:

Die Klausur kann teilweise Multiple-Choice Aufgaben enthalten.

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Tino Hausotte

---

|                         |                                                               |              |          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------|----------|
| Modulbezeichnung:       | Biomechanik: Mechanische Eigenschaften<br>Materialien (BIOWW) | biologischer | 2.5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | N.N                                                           |              |          |
| Lehrende:               | Claudia Fleck, Benoit Merle                                   |              |          |

|                                                                                                                                          |                         |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017                                                                                                                   | Dauer: 1 Semester       | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: k.A. Std.                                                                                                                   | Eigenstudium: k.A. Std. | Sprache: Deutsch      |
| Lehrveranstaltungen:<br>Biomechanik: Mechanische Eigenschaften biologischer Materialien (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Benoit Merle et al.) |                         |                       |

#### Inhalt:

In der Vorlesung wird das Verformungsverhalten von biologischen Materialien ausgehend von ihrem Aufbau diskutiert und dabei die Besonderheiten der biologischen Materialien aufgezeigt. Anhand von empirisch abgeleiteten Gesetzen werden konstitutive Gleichungen zur Beschreibung der mechanischen Eigenschaften aufgestellt und neue Methoden zur Untersuchung der lokalen Eigenschaften von Zellen und Zellbestandteilen vorgestellt. Die Studenten lernen dabei in einem einfachen Überblick die für die mechanischen Eigenschaften wesentlichen Zellbestandteile kennen und können ausgehend von der Belastungssituation im Körper das Verformungsverhalten von passiven und aktiven Geweben verstehen. Die Vorlesung zeigt somit die Grundlagen der Biomechanik von biologischen System auf.

- Struktur, Aufbau, Wachstum und mechanische Eigenschaften von biologischen Materialien. Vorlesungseinheiten:
- Einführung
- Zellen, Proteine, Gewebe: Aufbau, Funktion, mechanische Eigenschaften
- Muskulatur: Aufbau, Filamentgleittheorie, aktives und passives Gewebeverhalten, Hill-Modell
- Blutkreislauf: Gefäße, Strömungslehre, Model nach Krämer, Blutrheologie, Erythrozyten
- Biomechanics toolbox: Mechanische Eigenschaften einzelner Zellen, Nanoindentierung
- Knorpel: Struktur und Aufbau, Synovialflüssigkeit, Zug und Druckverhalten, Durchströmungsverhalten
- Knochen: Struktur, Wolffsches Gesetz, Mechanostat
- Phasendiagramm, mechanische Eigenschaften (Elastizität, Schädigung), Größeneffekte Literatur:
- V.C. Mow, R. Huiskes: Basic Orthopaedic; Biomechanics and mechano-biology
- Steven Vogel: Comparative Biomechanics, 2003, Princetown University Press
- Wintermantel: Medizintechnik mit biokompatiblen Werkstoffen und Verfahren, Springer
- Currey John D.: Bones, Structure and Mechanics
- Fung Y.C.: Mechanical properties of living tissues, Springer
- Fachartikel
- Folien online verfügbar

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Biomechanik: Mechanische Eigenschaften biologischer Materialien (Prüfungsnummer: 461589)

(englische Bezeichnung: Core Modules Medical Technology)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 0%

Erstablesung: SS 2017, 1. Wdh.: keine Wdh.

1. Prüfer: Benoit Merle

---

Bemerkungen:

Pflichtvorlesung für Kern- und Wahlfachstudenten entsprechend der Prüfungsordnung

|                         |                                                         |        |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Medizintechnik II (MT-B2.2)<br>(Medical Engineering II) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Aldo R. Boccaccini                                      |        |
| Lehrende:               | Aldo R. Boccaccini                                      |        |

|                        |                       |                               |
|------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS)         |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch und Englisch |

**Lehrveranstaltungen:**

Medizintechnik II (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Aldo R. Boccaccini et al.) Übungen zu  
Medizintechnik II (SS 2017, Übung, 2 SWS, Julia Will)

**Empfohlene Voraussetzungen:**

Vgl. bei den einzelnen Veranstaltungen.

**Inhalt:**

Vgl. bei den einzelnen Veranstaltungen Lernziele  
und Kompetenzen:

Vgl. bei den einzelnen Veranstaltungen. Literatur:  
Vgl. bei den einzelnen Veranstaltungen.

**Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:**

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Medizintechnik (Bachelor of Science)",  
"Technomathematik (Bachelor of Science)" verwendbar.

**Studien-/Prüfungsleistungen:**

Modulprüfung "Medizintechnik II" (MT-B2.2) (Prüfungsnummer: 58101)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablesung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Aldo R. Boccaccini

**Organisatorisches:**

Vgl. bei den einzelnen Veranstaltungen. Bemerkungen:

Vgl. bei den einzelnen Veranstaltungen.

|                         |                                                                                                    |          |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Modulbezeichnung:       | Biomaterialien für Tissue Engineering-MT (BioMTE-MT-M)<br>(Biomaterials for Tissue Engineering-MT) | 2.5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Aldo R. Boccaccini                                                                                 |          |
| Lehrende:               | Aldo R. Boccaccini                                                                                 |          |

|                        |                       |                               |
|------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS)         |
| Präsenzzeit: 30 Std.   | Eigenstudium: 45 Std. | Sprache: Deutsch und Englisch |

**Lehrveranstaltungen:**

Biomaterials for Tissue Engineering (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Aldo R. Boccaccini et al.)

#### Inhalt:

- Tissue Engineering und regenerative Medizin: Konzepte, Definitionen und historische Entwicklung
- Scaffolds: Anforderungen, Herstellung und Charakterisierung
- Beispiele: scaffolds für Tissue Engineering von Knochen und Weichgeweben
- Neue Konzepte: multifunktionelle scaffolds
- Medikamentös wirksame scaffolds: Tissue Engineering und drug delivery

#### Lernziele und Kompetenzen:

##### Die Studierenden

- erfassen die Wichtigkeit verschiedener Konzepte im Bereich Tissue Engineering (TE).
- kennen die im Bereich Biomaterialien am häufigsten verwendeten Werkstoffe sowie deren Herstellung, Charakterisierung.
- sind mit der Verarbeitung und dem Einsatz unterschiedlicher Materialtypen wie Metalle, Keramiken und Polymere als Gerüstmaterialien (scaffolds) im TE vertraut. Literatur:
- Boccaccini, Gough, J.E. (eds.): Tissue engineering using ceramics and polymers; Cambridge, 2007
- Polak, Mantalaris, Harding (eds.): Advances in Tissue Engineering; Oxford u.a., 2010
- Wintermantel, Suk-Woo: Medizintechnik; Berlin, 2009
- Hench, Jones (eds.): Biomaterials, artificial organs und tissue engineering; Oxford, 2005

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Modulprüfung "Biomaterialien für Tissue Engineering" (MT2013-M5.4-BioMTE; MT2011-M7.2)

(Prüfungsnummer: 74801)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100% Prüfungssprache: Deutsch

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Aldo R. Boccaccini

|                         |                                                                                                              |        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Praktische Anwendungen des Qualitätsmanagements<br>(PraQM)<br>(practical applications of quality management) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Heiner Otten                                                                                                 |        |
| Lehrende:               | Heiner Otten                                                                                                 |        |

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch      |

#### Lehrveranstaltungen:

Praktische Anwendungen des Qualitätsmanagements (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Heiner Otten)

Praktische Anwendungen des Qualitätsmanagements - Übung (SS 2017, Übung, 2 SWS, Heiner Otten)

#### Empfohlene Voraussetzungen:

- Ansprechpartner für organisatorische Fragen: M.Sc. Jürgen Götz

- Der Besuch der Vorlesungen Qualitätsmanagement I und II wird empfohlen.
- 

Inhalt:

- Vorstellung eines virtuellen Unternehmens, das als Basis für die Durchführung von QM-Verbesserungsmaßnahmen herangezogen wird
- Darstellung der technischen Parameter
- Vorstellung der betriebswirtschaftlichen Parameter
- Allgemeine Erarbeitung möglicher Schwachstellen des Unternehmens (qualitative Erfassung der Schnittstellen, betriebswirtschaftliche Bewertung der Schwachstellen)
- Durchführung eines Verbesserungsprogrammes zur Optimierung des Unternehmens anhand der ermittelten Schwachstellen (QFD, FMEA ect.)
- Erarbeitung einer prinzipiellen Vorgehensweise zur Einführung des QM-Verbesserungsprogrammes

Lernziele und Kompetenzen:

Nach dem Besuch der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage, Wissen:

- die Begriffe des Total Quality Managements (TQM) anhand industrieller Unternehmen wiederzugeben

Verstehen:

- die Veränderungen von der Qualitätssicherung zum Total Quality Management (TQM) zu erläutern
    - den operativen Prozess eines industriellen Beispiels (Messingwerk) zu beschreiben
  - die Aufgabe des Qualitätsmanagements zur Definition und Erreichung strategischer Ziele aufzuzeigen
  - mit Hilfe von QM-Methoden, -Techniken und -Werkzeugen Projekte zur Verbesserung qualitativer und wirtschaftlicher Kennwerte durchzuführen
  - Analysieren:
  - mögliche Schwachstellen im Unternehmen zu identifizieren
  - Evaluieren:
  - die Einzelheiten der erarbeiteten Verbesserungsmaßnahmen zu bewerten
  - Erschaffen:
  - eine prinzipielle Vorgehensweise zur Einführung eines QM-Verbesserungsprogramms zu entwerfen
- 

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

Studien-/Prüfungsleistungen:

Praktische Anwendungen des Qualitätsmanagements (Prüfungsnummer: 69351)

Prüfungsleistung, Klausur mit MultipleChoice, Dauer (in Minuten): 60

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100% Prüfungssprache: Deutsch

Erstabledung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Heiner Otten

---



|                         |                                                                                |        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Handhabungs- und Montagetechnik (HUM)<br>(Technology of Handling and Assembly) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Jörg Franke                                                                    |        |
| Lehrende:               | u.a., Jörg Franke                                                              |        |

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch      |

#### Lehrveranstaltungen:

Handhabungs- und Montagetechnik (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Jörg Franke et al.)  
 Übung zu Handhabungs- und Montagetechnik (SS 2017, Übung, 2 SWS, Jörg Franke et al.)

#### Inhalt:

Im Vertiefungsfach Handhabungs- und Montagetechnik wird die gesamte Verfahrenskette von der Montageplanung bis zur Inbetriebnahme der Montageanlagen für mechanische sowie elektrotechnische Produkte aufgezeigt. Einleitend erfolgt die Darstellung von Planungsverfahren sowie rechnergestützte Hilfsmittel in der Montageplanung. Daran schließt sich die Besprechung von Einrichtungen zur Werkstück- und Betriebsmittelhandhabung in flexiblen Fertigungssystemen und für den zellenübergreifenden Materialfluß an. Desweiteren werden Systeme in der mechanischen Montage von Klein- und Großgeräten, der elektromechanischen Montage und die gesamte Verfahrenskette in der elektrotechnischen Montage diskutiert (Anforderung, Modellierung, Simulation, Montagestrukturen, Wirtschaftlichkeit etc.). Abrundend werden Möglichkeiten zur rechnergestützten Diagnose/Qualitätssicherung und Fragestellungen zu Personalmanagement in der Montage und zum Produktrecycling/-demontage behandelt.

#### Lernziele und Kompetenzen:

Die Studierenden sind in der Lage:

- die Montagefreundlichkeit von Produkten zu beurteilen und zu verbessern,
- Montage- und Handhabungsprozesse zu beurteilen, auszuwählen und zu optimieren,
- die dazu erforderlichen Geräte, Vorrichtungen und Werkzeuge zu bewerten, und • Montageprozesse sowie -systeme zu konzipieren, zu planen und weiterzuentwickeln.

Dieses Wissen ist vor allem in den Bereichen Produktentwicklung, Konstruktion, Produktionsmanagement, Fertigungsplanung, Einkauf, Vertrieb und Management sowie in allen industriellen Branchen (z. B. Automobilbau, Elektrotechnik, Medizintechnik, Maschinen- und Anlagenbau) erforderlich. Literatur: gleichnamiges Vorlesungsskriptum

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Handhabungs- und Montagetechnik (Vorlesung + Übung) (Prüfungsnummer: 71211)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 120 Anteil  
 an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Jörg Franke

---

Organisatorisches:

weitere Informationen bei: Dipl.-

Ing. Yoo, In Seong Bemerkungen:

Die Vorlesung wird gemeinsam mit den Inhalten der Übung "Handhabungs- und Montagetechnik" geprüft und kreditiert.

|                         |                                                               |          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|----------|
| Modulbezeichnung:       | Technologie der Verbundwerkstoffe (FVK)<br>(Fiber Composites) | 2.5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Dietmar Drummer                                               |          |
| Lehrende:               | Dietmar Drummer                                               |          |

|                                                                                                        |                       |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017                                                                                 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 30 Std.                                                                                   | Eigenstudium: 45 Std. | Sprache: Deutsch      |
| Lehrveranstaltungen:<br>Technologie der Verbundwerkstoffe (SS 2017, Vorlesung, 2 SWS, Dietmar Drummer) |                       |                       |

#### Inhalt:

Die Vorlesung Technologie der Faserverbundwerkstoffe stellt die einzelnen Komponenten (Faser und Matrix), die Auslegung, Verarbeitungstechnologie, Simulation und Prüfung mit Fokus auf Faserverbundkunststoffe vor. Im Einzelnen ist die Vorlesung wie folgt gegliedert:

- Einführung
- Verstärkungsfasern
- Matrix
- Fasern und Matrix im Verbund
- Verarbeitung (Duroplaste und Thermoplaste)
- Auslegung (klassische Laminattheorie)
- Gestaltung und Verbindungstechnik
- Simulation
- Mechanische Prüfung und Inspektion Lernziele und Kompetenzen:

Fachkompetenz: Wissen, Verstehen und Anwenden

- Kennen von Begrifflichkeiten und Definitionen im Bereich der Faserverbundkunststoffe.
- Kennen von verschiedenen Halbzeugen und deren verfügbare Konfektionierung.
- Kennen und Verstehen der Verarbeitung von faserverstärkten Formmassen.
- Erläutern der Struktur und der besonderen Merkmalen der unterschiedlichen Ausprägungen und Werkstoffe von Fasern und Matrix.
- Verstehen der Auslegung, der Verbindungstechnik und der Simulation von faserverstärkten Bauteilen. Fachkompetenz: Analysieren, Evaluieren und Erschaffen
- Auslegung und Konstruktion eines werkstoff- und belastungsgerechten Faserverbundbauteils.
- Beurteilung von Faserverbundbauteilen hinsichtlich Werkstoffauswahl, Gestaltung und Konstruktion.
- Bewertung der Simulationsergebnisse zu Faserverbundbauteilen.

#### Literatur:

- Ehrenstein, G.W.: Faserverbund-Kunststoffe, München Wien, 2006

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)" verwendbar.

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Technologie der Verbundwerkstoffe (Prüfungsnummer: 69001)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

weitere Erläuterungen:

WS 2017/18: elektronische Prüfung, über 75% MultipleChoice

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Dietmar Drummer

---

Organisatorisches:

Abgeschlossenes Vordiplom, abgeschlossener Bachelor,

Prüfung erfolgt i.d.R. zusammen mit der Vorlesung "Konstruieren mit Kunststoffen" schriftlich nach jedem Semester, Ausnahmen nach Studiengang möglich, Prüfungsdauer 120 Minuten

|                                                                                |                                           |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| Modulbezeichnung:                                                              | Theoretische Dynamik (2V + 2Ü) (TheoD yn) | 5 ECTS                |
| Modulverantwortliche/r:                                                        | Holger Lang                               |                       |
| Lehrende:                                                                      | Holger Lang                               |                       |
| Startsemester: SS 2017                                                         | Dauer: 1 Semester                         | Turnus: jährlich (WS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.                                                           | Eigenstudium: 90 Std.                     | Sprache: Deutsch      |
| Lehrveranstaltungen:                                                           |                                           |                       |
| Theoretische Dynamik (SS 2017, Vorlesung mit Übung, 4 SWS, Holger Lang et al.) |                                           |                       |

#### Inhalt:

- Variationsrechnung (mit und ohne holonome Zwangsbedingungen)
- Nichtlineare mechanische Systeme (mit und ohne holonome Zwangsbedingungen)
- Bewegungsgleichungen nach Lagrange (erster und zweiter Art)
- Bewegungsgleichungen nach Hamilton
- Phasenraum
- Differential-algebraische Gleichungssysteme, Index
- Theoreme von Noether, Liouville und Poincare
- Untermannigfaltigkeiten
- Abstrakte Mannigfaltigkeiten

#### Lernziele und Kompetenzen: Wissen

Die Studenten/Studentinnen

kennen die Begriffe Funktional, Differential, Richtungsableitung und kritische Punkte innerhalb der Variationsrechnung.

kennen die Fundamentallemmata der Variationsrechnung auf Untermannigfaltigkeiten.

kennen die Begriffe holonom-skleronome und holonom-rheonome Zwangsbedingungen.

kennen die Euler-Lagrange-Gleichungen ohne Zwangsbedingungen.

kennen die Euler-Lagrange-Gleichungen auf Untermannigfaltigkeiten (d.h. mit holonomen skleronomen/rheonomen Zwangsbedingungen). kennen die Geometrie von Untermannigfaltigkeiten, Tangential- und Normalraum. kennen einige Beispiele abstrakter Mannigfaltigkeiten. kennen den Satz vom Igel. kennen das Hamilton-, das d'Alembert-, sowie das Lagrange-d'Alembert-Prinzip. kennen die Lagrange-Gleichungen dynamischer Systeme (erster und zweiter Art). kennen die Hamilton-Gleichungen dynamischer Systeme. kennen die Skruktur der auftretenden differential-algebraischen Gleichungssysteme vom Index drei. kennen Phasenraumporträts, statische elliptische und hyperbolische Gleichgewichtspunkte, sowie Separatrizen.

kennen das Noether-Theorem innerhalb der Lagrange-Dynamik.

kennen die Sätze von Liouville und Poincare innerhalb der Hamilton-Dynamik.

kennen auch Anwendungen des Satzes von Poincare außerhalb der Mechanik.

kennen den Satz von Gauß zur Berechnung der Periodendauer des ebenen Pendels.

kennen die zugehörigen analytischen Zusammenhänge.

#### Verstehen

Die Studenten/Studentinnen verstehen die Zusammenhänge zwischen Differential, Richtungsableitung und kritischen Punkten. verstehen die Notwendigkeit der Fundamentallemmata beim Aufbau der Variationsrechnung. verstehen die Notwendigkeit der Grüber-Bedingung. verstehen den Aufbau der Lagrange-Gleichungen dynamischer Systeme ohne Zwangsbedingungen. verstehen den Aufbau der Lagrange-Gleichungen dynamischer Systeme auf Untermannigfaltigkeiten. verstehen, dass konsistente Anfangswerte notwendig und hinreichend sind für die Existenz Eindeutigkeit der analytischen Lösung.

verstehen, warum man die Anfangsbedingungen auf niedrigerer Ebene auch als 'versteckt' bezeichnet. verstehen die Invarianzeigenschaften der Lagrange-Gleichungen. verstehen die Geometrie von Untermannigfaltigkeiten, Tangential- und Normalraum.

verstehen die Zwangsbedingungen auf Lage-, Geschwindigkeits und Beschleunigungsebene differentialgeometrisch. verstehen die zugrundeliegenden Sätze der Variationsrechnung.

verstehen die analytischen Lösungen der Lagrange-Gleichungen der wichtigsten klassischen mechanischen Systeme (z.B. Balken, Katenoid, Brachistochrone, Kepler-Problem).

verstehen die aus dem Hamilton-, dem d'Alembert-, sowie dem Lagrange-d'Alembert-Prinzip resultierenden Zusammenhänge. verstehen den Unterschied zwischen eingepprägten Kräften, Nichtinertial- und Zwangskräften. verstehen das Verfahren der Indexreduktion für die auftretenden differential-algebraischen Systeme. verstehen das Phänomen des Wegdriftens bei indexreduzierten Formulierungen.

verstehen die Konstruktion von Phasenraumporträts und die damit einhergehende eindimensionale Dynamik.

verstehen, warum die Bewegung entlang einer Separatrix unendlich lange dauert.

verstehen, wie die fundamentalen Erhaltungssätze der Dynamik (Energie, Impuls, Drehimpuls) via Noether-Theorem aus dem Hamilton-Prinzip ableitbar sind. verstehen die Tiefe des Hamilton-Prinzips.

verstehen die Theoreme von Liouville und Poincare für Hamiltonsche Systeme.

verstehen die Beweise der zugehörigen analytischen Zusammenhänge, einschließlich der Voraussetzungen.

#### Anwenden

Die Studenten/Studentinnen können das Differential, Richtungsableitung und kritische Punkte nichtlinearer Funktionale berechnen. können die statischen Gleichgewichtsgleichungen der klassischen linearen Balken (Zug, Torsion und Biegung) im Rahmen der Variationsrechnung herleiten. können die Zahl der Freiheitsgrade holonomer Lagrangescher Systeme berechnen. können die Lagrange-Gleichungen dynamischer Systeme ohne Zwangsbedingungen aufstellen.

können die Lagrange-Gleichungen dynamischer Systeme auf Untermannigfaltigkeiten aufstellen und zugehörige Nullraum-Matrizen finden. können die Lagrange-Gleichungen erster Art in diejenigen zweiter Art überführen.

können die Zwangsbedingungen auf Lage-, Geschwindigkeits und Beschleunigungsebene bestimmen.

können zu einer gegebenen Untermannigfaltigkeit Normal- und Tangentialraum bestimmen.

können die Hamilton-Gleichungen dynamischer Systeme ohne Zwangsbedingungen aufstellen.

können die Lagrange-Gleichungen zweiter Art in die Hamilton-Gleichungen überführen, und umgekehrt.

können Legendre-Transformationen durchführen.

können sicher mit krummlinigen, generalisierten Koordinaten umgehen.

können die analytischen Lösungen der Lagrange-Gleichungen der wichtigsten klassischen mechanischen Systeme (z.B. Balken, Katenoid, Brachistochrone, Kepler-Problem) durch Differentiation verifizieren.

können den generalisierten Impuls zu einer gegebenen generalisierten Koordinate berechnen.

können zyklische Koordinaten erkennen. können das Verfahren der Indexreduktion auf die Lagrange-Gleichungen erster Art anwenden.

können die Lagrange-Multiplikatoren sowie die zugehörigen d'Alembertschen Zwangskräfte systematisch als Funktion der Lage- und Geschwindigkeitsgrößen berechnen.

können das Phänomen des Wegdriftens durch Projektionsverfahren oder Baumgarte-Stabilisierung unterbinden.

können die d'Alembertschen Zwangskräfte in den Bewegungsgleichungen via Nullraummatrix eliminieren. können den Index alternativer Versionen der Bewegungsgleichungen (etwa GGL-Formulierung) berechnen.

können zum Potential eines eindimensionalen Systems das Phasenraumporträt berechnen und skizzieren. können effektive Phasenraumporträts für höherdimensionale Probleme skizzieren und

berechnen. können statische Gleichgewichtspunkte zu einem gegebenen Potential berechnen, sowie die zugehörigen Lagrange-Gleichungen um diese Punkte herum linearisieren.

können statische Gleichgewichtspunkte hinsichtlich ihrer Stabilität (elliptisch oder hyperbolisch) klassifizieren.

können die Schwingungsfrequenz nahe eines elliptischen Gleichgewichtspunktes aus der Krümmung des Potentials berechnen.

können Invarianzen/Symmetrien der Lagrange-Funktion erkennen, die jeweiligen Erhaltungsgrößen nach dem Noether-Theorem berechnen und mechanisch interpretieren. können die Beweise der wichtigsten mathematischen Sätze eigenständig führen.

#### Analysieren

Die Studenten/Studentinnen können analysieren, ob kritische Punkte eines Funktionalen auch tatsächlich Extrempunkte darstellen. können analysieren, welche Koordinatenwahl der Symmetrie eines dynamischen Systems bestmöglichst Rechnung trägt.

können Erhaltungsgrößen/Erste Integrale zur analytischen Lösung der Lagrange-/Hamilton-Gleichungen heranziehen. können die Lagrange-Gleichungen der wichtigsten klassischen mechanischen Systeme (z.B. Balken, Katenoid, Brachistochrone, Kepler-Problem) durch Integration selbstständig analytisch lösen.

können die Lösungen der Bewegungsgleichungen in wichtigen Anwendungen diskutieren und analysieren (z.B. Einfluss der Parameter).

können mathematisch-mechanische Zusammenhänge auf Gültigkeit hin analysieren und ggf. beweisen oder durch Gegenbeispiel widerlegen.

können zu einem gegebenen dynamischen System unter einer gegebenen Problemstellung die am besten geeignete Form der Bewegungsgleichungen finden. können Paradoxa auflösen.

#### Erschaffen

Die Studenten/Studentinnen stellen eigenständig analytische Aussagen/Behauptungen auf, können diese ggf. mathematisch beweisen oder durch Gegenbeispiel widerlegen.

können die Dynamik von Lagrange- oder Hamiltonsystemen theoretisch (oder numerisch) analysieren.

#### Literatur:

- Arnold: Mathematical Methods in Classical Mechanics
- Kuypers: Klassische Mechanik
- Nolting: Theoretische Physik 1/2 (Klassische/Analytische Mechanik)
- Greiner: Klassische Mechanik I/II

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### [1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Medizintechnik (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Vorlesung + Übung Theoretische Dynamik 1 (Prüfungsnummer: 74301)

(englische Bezeichnung: Theoretical Dynamics 1)

Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablesung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

## 1. Prüfer: Holger Lang

---

Organisatorisches:

- Grundkenntnisse in Mathematik
- Kenntniss des Moduls 'Dynamik starrer Körper'

Bemerkungen:

Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS) werden gemeinsam geprüft und kreditiert



Modulbezeichnung: Geometrische numerische Integration (GNI ) 5 ECTS  
(Geometric numerical integration)

Modulverantwortliche/r: Sigrid Leyendecker

Lehrende: Sigrid Leyendecker, Holger Lang

|                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Deutsch      |

Lehrveranstaltungen:

Geometrische numerische Integration (SS 2017, Vorlesung mit Übung, 4 SWS, Sigrid Leyendecker et al.)

Inhalt:

- Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen
- Numerische Integration
- Erhaltung erster Integrale (lineare und quadratische Invarianten)
- Symplektische Integration von Hamilton-Systemen
- Variationelle Integratoren
- Fehleranalyse

In dieser Vorlesung werden numerische Methoden behandelt, welche die geometrischen Eigenschaften des Flusses einer Differentialgleichung erhalten. Zunächst werden Grundlagen der Integrationstheorie wie der Konsistenz und der Konvergenzbegriff wiederholt. Dann werden verschiedene numerische Integratoren (Runge-Kutta-Methoden, Kollokationsmethoden, partitionierte Methoden, Kompositionsmethoden und Splitting-Methoden) eingeführt. Für die vorgestellten Integratoren werden Bedingungen zur Erhaltung erster Integrale hergeleitet und bewiesen. Nach einer kurzen Einführung symmetrischer Integratoren werden anschließend symplektische Integratoren für Lagrange- und Hamiltonsysteme behandelt. Dazu werden zunächst grundlegende Definitionen und Konzepte für Lagrange- und Hamiltonsysteme eingeführt wie das Hamiltonsche Prinzip, die Symplektizität, das Noether-Theorem und damit verbundene Erhaltungseigenschaften des dynamischen Systems. Eine diskrete Formulierung führt auf die Klasse der Variationsintegratoren, welche äquivalent zu der Klasse symplektischer Integratoren ist. Die Symplektizität führt auf genauere Langzeitsimulationen, was mit Konzepten der Rückwärtsfehleranalyse bewiesen und anhand von Beispielen validiert wird.

Lernziele und Kompetenzen:

*Fachkompetenz Wissen*

Die Studenten/Studentinnen kennen Begriffe 'Lagrange-System' und 'Hamilton-System'.  
kennen Phasenraumporträts.  
kennen die Begriffe 'gewöhnliche Differentialgleichung' und 'analytische Lösung'. kennen Standard-Verfahren zur numerischen Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen.  
kennen Runge-Kutta-Verfahren und partitionierte Runge-Kutta-Verfahren. kennen kontinuierliche und diskontinuierliche Kollokationsverfahren. kennen die Adjungierte eines Verfahrens. kennen Kompositions- und Splitting-Verfahren.  
kennen die Begriffe 'erstes Integral' und 'quadratische Invariante'.  
kennen symplektische Integratoren, insbesondere symplektische Runge-Kutta-Verfahren.  
kennen Variationsintegratoren. kennen das Hamilton-Prinzip.  
kennen das kontinuierliche und diskrete Noether-Theorem.  
kennen die Erhaltungseigenschaften variationeller Integratoren.

kennen die zugehörigen analytischen Zusammenhänge.

### *Verstehen*

Die Studenten/Studentinnen verstehen, wie ein Phasenraumporträt ausgebaut ist. verstehen, unter welchen Bedingungen eine gewöhnliche Differentialgleichung mit vorgeschriebenem Anfangswert genau eine analytische Lösung besitzt.

verstehen, unter welchen Bedingungen ein Zeitintegrationsverfahren gegen die analytische Lösung konvergiert.

verstehen den Aufbau von (partitionierten) Runge-Kutta-Verfahren, (diskontinuierlichen) Kollokationsverfahren. verstehen die Konstruktion der Adjungierten eines Verfahrens. verstehen, wie Kompositions- und Splitting-Verfahren aufgebaut sind.

verstehen, wann Zeitintegrationsverfahren erste Integrale (lineare oder quadratische Invarianten) erhalten.

verstehen, warum die Erhaltungseigenschaften variationeller Integratoren eine exzellente Langzeitstabilität zur Folge haben. verstehen, dass der Fluss eines Hamilton-Systems symplektisch ist. verstehen, wie symplektische Zeitintegrationsverfahren aufgebaut sind. verstehen, warum die Klasse der symplektischen und der variationellen Integratoren identisch sind. verstehen, wie die Impuls- oder Drehimpulserhaltung aus dem Noether-Theorem hervorgehen. verstehen die Beweise der zugehörigen mathematischen Zusammenhänge, einschließlich der Voraussetzungen.

### *Anwenden*

Die Studenten/Studentinnen können zu einem gegebenen Potential eines eindimensionalen Systems das Phasenraumporträt skizzieren. können die Lagrange- und Hamilton-Gleichungen dynamischer Systeme aufstellen.

können die Lagrange-Gleichungen in die Hamilton-Gleichungen via Legendre-Transformation überführen, und umgekehrt. können sicher mit generalisierten Koordinaten umgehen.

können Invarianzen/Symmetrien der Lagrange-Funktion erkennen, die jeweiligen Erhaltungsgrößen mit Hilfe des Noether-Theorems berechnen und mechanisch interpretieren.

können etwaige analytische Lösungen der Lagrange-/Hamilton-Gleichungen durch Differentiation verifizieren. können die Ordnung eines Zeitintegrationsverfahrens mit Hilfe des Satzes von Taylor berechnen.

können die Adjungierte eines Verfahrens berechnen.

können ein gegebenes Zeitintegrationsverfahren auf Symmetrie/Zeitreversibilität überprüfen.

können ein gegebenes Zeitintegrationsverfahren auf Symplektizität überprüfen.

können eine Abbildung auf Symplektizität überprüfen und ggf. eine erzeugende Funktion spezifizieren.

können die Zeitintegrationsverfahren anhand numerischer Demonstratoren nachvollziehen.

können zyklische Koordinaten erkennen und die zugehörigen erhaltenen konjugierten Impulse berechnen.

können das Lagrange-Wirkungsintegral mit Hilfe von Quadraturregeln approximieren und die zugehörigen diskreten Lagrange-Gleichungen herleiten.

können die diskreten Lagrange-Gleichungen vollständig ausdifferenzieren.

können die Beweise der wichtigsten mathematischen Sätze eigenständig führen.

### *Analysieren*

Die Studenten/Studentinnen können etwaige analytische Lösungen der Lagrange-/Hamilton-Gleichungen durch Integration selbstständig finden.

können Erhaltungsgrößen/Erste Integrale zur analytischen Lösung der Lagrange-Gleichungen heranziehen.

können analysieren, welche Koordinatenwahl der Symmetrie eines dynamischen Systems bestmöglichst Rechnung trägt. können Zeitintegrationsverfahren selbstständig implementieren

und auf Konvergenz analysieren. können im Postprocessing die Erhaltungseigenschaften (Energie, Impuls, Drehimpuls) analysieren. können das numerische Langzeitverhalten von Zeitintegratoren mit Hilfe der Rückwärtsfehleranalyse qualitativ bewerten.

**Literatur:**

- E. Hairer, G. Wanner, and C. Lubich. Geometric Numerical Integration: Structure-Preserving Algorithms for Ordinary Differential Equations. Springer, 2004.
- J. Marsden und T. Ratiu. Einführung in die Mechanik und Symmetrie. Eine grundlegende Darstellung klassischer mechanischer Systeme. Springer, 2001.
- J. Marsden, and M. West. Discrete mechanics and variational integrators. Acta Numerica, pp. 357-514, 2001.
- 

**Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:**

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

**[1] Medizintechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Medizintechnik (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

**Studien-/Prüfungsleistungen:**

Vorlesung + Übung Geometrische numerische Integration (Prüfungsnummer: 72771)

Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablegung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Sigrid Leyendecker

---

**Organisatorisches:**

Vertiefungsmodul zum Modul 'Mehrkörperdynamik'

|                                                                                        |                                                                         |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Modulbezeichnung:                                                                      | Dynamik nichtlinearer Balken (DyNiLiBa)<br>(Dynamics of nonlinear rods) | 5 ECTS                |
| Modulverantwortliche/r:                                                                | Holger Lang                                                             |                       |
| Lehrende:                                                                              | Holger Lang                                                             |                       |
| Startsemester: SS 2017                                                                 | Dauer: 1 Semester                                                       | Turnus: jährlich (SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.                                                                   | Eigenstudium: 90 Std.                                                   | Sprache: Deutsch      |
| Lehrveranstaltungen:                                                                   |                                                                         |                       |
| Dynamik nichtlinearer Balken (SS 2017, Vorlesung mit Übung, 4 SWS, Holger Lang et al.) |                                                                         |                       |

---

**Inhalt:**

- Dynamik linearer gerader Balken entkoppelt (Zug, Torsion, Biegung und Scherung)
- Dynamik linearer Balken gekoppelt
- Modellierung der Dämpfung (Viskoelastizität)
- Lineare Elastodynamik in 3D
- Euler-Bernoulli-Balken, Timoshenko-Balken
- Modalanalyse

- Querschnitte als starre Körper
- Infinitesimale Rotationen
- Finite Rotationen und Quaternionen
- Isomorphie der Mannigfaltigkeiten  $SO(3)$  und  $S^3$
- Kinematik nichtlinearer Balken (beliebig große Translationen und finite Rotationen)
- Cosserat-Balken, Reissner-Balken, Kirchhoff-Balken
- Nichtlineare Dehnungsmaße für Zug, Biegung, Torsion und Scherung
- Dynamik geometrisch exakter Cosserat- und Kirchhoff-Balken
- Linearisierung geometrisch exakter Balken um statische Gleichgewichtspunkte
- Diskretisierungsvarianten (Finite Elemente/Differenzen/Quotienten)
- Zeitintegration

Lernziele und Kompetenzen:

#### *Fachkompetenz Wissen*

Die Studenten/Studentinnen

kennen den Aufbau linearer, gerader Balken (Zug, Torsion, Biegung und Scherung) in entkoppelter Form.

kennen den Aufbau allgemeiner linearer, gerader Balken (Zug, Torsion, Biegung und Scherung) gekoppelt. kennen die Grundlagen linearer Elastodynamik in 3D. kennen die wichtigsten Viskoelastizitätsgesetze (Kelvin-Voigt, Maxwell, linearer Standardkörper). kennen wichtige Standard-Diskretisierungsvarianten via Finite Elemente.

kennen den mechanischen Hintergrund für die Symmetrie von Massen-, Dämpfungs- und Steifigkeitsmatrix. kennen das Verfahren der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung.

kennen die Begriffe Eigenfrequenz und Eigenschwingform eines linearen mechanischen Systems. wissen, dass sich die Bewegungsgleichungen im ungedämpften Fall stets entkoppeln lassen.

kennen die den geometrisch exakten Balken zugrundeliegende Kinematik im Kontinuierlichen und im Diskreten.

kennen die Mannigfaltigkeit  $SO(3)$  mit Tangentialraum  $so(3)$ .

kennen den Unterschied zwischen infinitesimalen und endlichen Rotationen. kennen die Newton-Euler-Gleichungen für ebene Querschnitte in Form starrer Körper.

kennen den Unterschied zwischen physikalischen Tensoren/Vektoren und mathematischen Matrizen/Tripeln.

kennen die Parametrisierung der  $SO(3)$  via Euler-Winkel, Euler-Rodrigues-Parameter und Quaternionen.

kennen die Euler-Hamilton-Abbildung und den Spurrier-Klumpp-Algorithmus. kennen die universelle Definition der Winkelgeschwindigkeit für starre Balkenquerschnitte. kennen verschiedene nichtlineare, objektive Dehnungsmaße für nichtlineare Balken.

kennen die Analogie zwischen Winkelgeschwindigkeit und Balkenkrümmung. wissen, dass Finite Quotienten zur Diskretisierung der Krümmung ideal geeignet sind. kennen das Phänomen des Shear lockings.

kennen die Lagrange-Gleichungen erster und zweiter Art. kennen das Verfahren der Indexreduktion. kennen die dynamischen Gleichgewichtsgleichungen geometrisch exakter Balken. kennen den Begriff des statischen Gleichgewichtspunktes eines dynamischen Systems.

kennen die formale Prozedur, dynamische Systeme um statische Gleichgewichtspunkte zu linearisieren. kennen die weitverbreitetsten Zeitintegrationsverfahren (RK, BDF). kennen die zugehörigen analytischen Zusammenhänge.

#### *Verstehen*

Die Studenten/Studentinnen verstehen die Dynamik linearer, gerader Balken (Zug, Torsion, Biegung und Scherung) in entkoppelter Form.

verstehen die Dynamik allgemeiner linearer, gerader Balken (Zug, Torsion, Biegung und Scherung) gekoppelt.

verstehen die Grundlagen linearer Elastodynamik in 3D. verstehen die wichtigsten Viskoelastizitätsgesetze (Kelvin-Voigt, Maxwell, SLS) qualitativ.

verstehen den Aufbau wichtiger Standard-Diskretisierungsvarianten via Finite Elemente (stückweise linear/kubisch). verstehen die Methode der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung. verstehen die Bedeutung von Eigenfrequenz und Eigenschwingform eines linearen mechanischen Systems.

verstehen die Bedeutung von Definitheit der Massen-, Dämpfungs- und Steifigkeitsmatrix. verstehen, warum sich die Bewegungsgleichungen im ungedämpften Fall stets entkoppeln lassen. verstehen, warum gewisse Diskretisierungsvarianten die Eigenfrequenzen über-, andere unterschätzen.

verstehen die den geometrisch exakten Balken zugrundeliegende Kinematik im Kontinuierlichen und im Diskreten.

verstehen den Unterschied zwischen infinitesimalen und endlichen Rotationen.

verstehen, wie sich die Parametrisierung der  $SO(3)$  mit Quaternionen in den allgemeinen Kontext (Lagrange-Gleichungen erster Art) einordnet.

verstehen, wie man die Eulerschen Gleichung via quaternionischer Parametrisierung und Nullraummatrix gewinnen kann.

verstehen, dass die  $SO(3)$  (multiplikative) Gruppenstruktur, die  $so(3)$  Vektorraumstruktur trägt.

verstehen, dass die  $SO(3)$  und die  $S^3$  mit ihrer quaternionischen Struktur bis auf Antipodie isomorph/diffeomorph sind.

verstehen die Geometrie der  $S^3$  und die Isotropie ihrer quaternionischen Struktur.

verstehen die Struktur der Bewegungsgleichungen linearer Balken im Kontext der LagrangeDynamik.

verstehen, wie man durch Modalanalyse die Bewegungsgleichungen linearer dynamischer Balken entkoppeln kann. verstehen, warum dies im ungedämpften Fall immer, im gedämpften Fall meistens möglich ist. verstehen, warum es mitunter unumgänglich ist, zwischen physikalischen Tensoren/Vektoren und mathematischen Matrizen/Tripeln zu unterscheiden.

verstehen, dass Translation und Rotation eines starren Querschnitts nicht vollständig analog behandelt werden können.

verstehen, wo die Singularitäten bei der Parametrisierung der  $SO(3)$  mit Euler-Winkeln oder EulerRodrigues-Parametern liegen.

verstehen, wie sich die Matrix des Trägheitstensors bei Translation und Rotation transformiert.

verstehen, warum die Objektivität der Dehnungsmaße für geometrisch exakte Modelle unerlässlich ist.

verstehen die Analogie zwischen Winkelgeschwindigkeit (eines Querschnitts) und Krümmung (eines Balkens).

verstehen, warum Finite Quotienten zur Krümmungsdiskretisierung der Struktur der  $SO(3)$  ideal Rechnung tragen.

verstehen die Ursache für Shear locking.

verstehen die Signifikanz des Kreiselterms in den Euler-Gleichungen für die Querschnitte in hochdynamischen Anwendungen. verstehen den strukturellen Aufbau der Lagrange-Gleichungen erster und zweiter Art.

verstehen das Verfahren der Indexreduktion. verstehen die dynamischen Gleichgewichtsgleichungen geometrisch exakter Balken. verstehen methodischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Zeitintegrationsverfahren. verstehen, dass statische Gleichgewichtspunkte konstante Lösungstrajektorien der Dynamik darstellen.

verstehen, wie man mit Hilfe des Satzes von Taylor-Maclaurin dynamische Systeme um statische Gleichgewichtspunkte linearisiert.

verstehen die Beweise aller zugehörigen analytischen Zusammenhänge, einschließlich den Voraussetzungen.

## Anwenden

Die Studenten/Studentinnen

können zu gegebenen Ansatzfunktionen die Methode der Finiten Elemente auf lineare, dynamische Balken anwenden.

können Masse-, Dämpfungs- und Steifigkeitsmatrix berechnen. können die Definitheit von Massen-, Dämpfungs- und Steifigkeitsmatrix via Eigenwerte beurteilen. können die Bewegungsgleichungen eines linearen dynamischen Balkens entkoppeln. können Schubstarrheit mit Hilfe holonomer Zwangsbedingungen erzwingen.

können die Zwangskräfte schubstarrer linearer Balken in den Bewegungsgleichungen auf Lageebene via Nullraummatrix eliminieren.

können Hauptträgheitsmomente und -richtungen von Querschnitten via Hauptachsentransformation berechnen. können Trägheitsmomente von Querschnitten via Integration berechnen.

können Koeffizienten von Vektoren und Tensoren zwischen verschiedenen Koordinatensystemen transformieren.

können Singularitäten bei Parametrisierungen als mechanische Locking-Effekte interpretieren.

können die translatorische und rotatorische Energie eines starren Querschnitts berechnen.

können die Winkelgeschwindigkeit zu einer gegebenen Parametrisierung der Rotationsmatrix berechnen.

beherrschen das Rechnen innerhalb der Quaternionen-Algebra.

können Rotationen via Quaternionen objektiv sphärisch interpolieren.

können Rotationsmatrizen in Quaternionen umrechnen, und umgekehrt.

können die Isomorphie zwischen  $SO(3)$  und  $S^3$  sicher anwenden.

können die Balkenkrümmung auf verschiedene Arten diskretisieren.

können die zugehörigen Krümmungscharakteristiken berechnen.

können je nach Diskretisierungsvariante geeignete Quadraturformeln für Energien oder Dissipationspotentiale verwenden. können durch geeignete reduzierte Integration das problematische Shear locking vermeiden. können die Lagrange-Gleichungen erster und zweiter Art für nichtlineare Balken aufstellen.

können die dynamischen Gleichgewichtsgleichungen mit dem konstitutiven Materialgesetz kombinieren. können die reaktiven Querkräfte schubstarrer nichtlinearer Balken systematisch berechnen.

können die Projektionstechnik auf indexreduzierten Fassungen der Bewegungsgleichungen zur Vermeidung des Wegdriftens anwenden.

können den statischen Gleichgewichtspunkt eines verzwängten nichtlinearen Balkens (analytisch oder numerisch) berechnen.

können einen nichtlinearen Balken um einen statischen Gleichgewichtspunkt mit Hilfe des Satzes von Taylor-Maclaurin linearisieren. können die wichtigsten Herleitungen eigenständig führen.

#### *Analysieren*

Die Studenten/Studentinnen können anhand des Aufbaus der Dämpfungsmatrix analysieren, wieviel Energie in linearen Balken dissipiert wird.

können die Lösungen der Bewegungsgleichungen in wichtigen Anwendungen diskutieren und analysieren (z.B. Einfluss der Parameter). können sämtliche Herleitungen eigenständig führen und Querk Zusammenhänge analysieren.

#### *Erschaffen*

Die Studenten/Studentinnen können nichtlineare Balkenmodelle eigenständig diskretisieren, implementieren und in der Zeit vorwärtsintegrieren.

können Mehrkörpermodelle realer Maschinen mit starren Körpern, Kraftelementen, Gelenken und flexiblen Balken selbstständig aufbauen.

können deren Dynamik theoretisch (oder numerisch) analysieren. Literatur:

- Gross, Hauger, Schröder, Wall: Technische Mechanik II, III, IV. Springer.
- Kuypers: Klassische Mechanik. Wiley-VCH, 2010.

- Bonet, Wood: Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis. Cambridge University Press, 2008.
- Arnold: Mathematical Methods of Classical Mechanics. Springer, 2010.
- Craig, Kurdila: Fundamentals of Structural Dynamics. Wiley-VCH, 2011.

Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Medizintechnik (Bachelor of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

Studien-/Prüfungsleistungen:

Dynamik nichtlinearer Balken (Prüfungsnummer: 72761)

Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Holger Lang

Organisatorisches:

- Grundkenntnisse Mathematik
- Kenntnisse aus Statik, Elastostatik und Dynamik starrer Körper (= Technische Mechanik I, II und III)

|                         |                                                                                                            |        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Modulbezeichnung:       | Integrated Production Systems (Lean Management) (IPS)<br>(Integrated Production Systems (Lean Management)) | 5 ECTS |
| Modulverantwortliche/r: | Jörg Franke                                                                                                |        |
| Lehrende:               | Jörg Franke                                                                                                |        |

|                        |                       |                              |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Startsemester: SS 2017 | Dauer: 1 Semester     | Turnus: halbjährlich (WS+SS) |
| Präsenzzeit: 60 Std.   | Eigenstudium: 90 Std. | Sprache: Englisch            |

Lehrveranstaltungen:

Integrated Production Systems (vhb) (SS 2017, Vorlesung, 4 SWS, Jörg Franke et al.)

Inhalt:

- Konzepte und Erfolgsfaktoren von Ganzheitlichen Produktionssystemen
- Produktionsorganisation im Wandel der Zeit
- Das Lean Production Prinzip (Toyota-Produktionssystem)
- Die 7 Arten der Verschwendung (Muda) in der Lean Production
- Visuelles Management als Steuerungs- und Führungsinstrument
- Bedarfsglättung als Grundlage für stabile Prozesse
- Prozesssynchronisation als Grundlage für Kapazitätsauslastung
- Kanban zur autonomen Materialsteuerung nach dem Pull-Prinzip
- Empowerment und Gruppenarbeit
- Lean Automation - „Autonation“
- Fehlersicheres Arbeiten durch Poka Yoke



- Total Productive Maintenance
- Wertstromanalyse und Wertstromdesign
- Arbeitsplatzoptimierung (schlanke Fertigungszellen, U-Shape, Cardboard Engineering)
- OEE-Analysen zur Nutzungsgradsteigerung
- Schnellrüsten (SMED)
- Implementierung und Management des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP, Kaizen)
- Überblick über Qualitätsmanagementsysteme (z.B. Six Sigma, TQM, EFQM, ISO9000/TS16949) und Analysewerkzeuge zur Prozessanalyse und -verbesserung (DMAIC, Taguchi, Ishikawa)
- Verschwendung im administrativen Bereich
- Spezifische Ausgestaltungen des TPS (z.B. für die flexible Kleinserienfertigung) und angepasste Implementierung ausgewählter internationaler Konzerne

#### Lernziele und Kompetenzen:

Nach erfolgreichem Besuch der Lehrveranstaltung sollen die Studenten in der Lage sein:

- Die Bedeutung Ganzheitlicher Produktionssysteme zu verstehen;
  - Lean Prinzipien in ihrem Kontext zu verstehen und zu beurteilen;
  - die dazu erforderlichen Methoden und Werkzeuge zu bewerten, auszuwählen und zu optimieren;
  - einfache Projekte zur Optimierung von Produktion und Logistik anhand des Gelernten im Team durchführen zu können;
- 

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### [1] Medizintechnik (Master of Science)

(Po-Vers. 2013 | Masterprüfung | Studienrichtung Medizinische Produktionstechnik, Gerätetechnik und Prothetik)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "International Production Engineering and Management (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Integrated Production Systems (Prüfungsnummer: 71231)

(englische Bezeichnung: Integrated Production Systems)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90 Anteil  
an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: SS 2017, 1. Wdh.: WS 2017/2018

1. Prüfer: Jörg Franke

---

#### Organisatorisches:

Unterrichtssprache: Deutsch, Englisch

Voraussetzung: Kenntnisse aus Produktionstechnik 1+2, Betriebswirtschaft für Ingenieure