



# Modulhandbuch des Studiengangs

## Medical Devices - Research and Development Master of Engineering (M.Eng.)

Technische Hochschule Ulm

vom 27.02.2024  
(gültig ab 03/2018)



# Inhaltsverzeichnis

1. Pflichtmodule .....	3
1.1. Management and Innovation .....	4
1.2. Master-Thesis .....	6
1.3. Multiphysics / Virtual Lab .....	7
1.4. Regulatory Affairs .....	8
1.5. Research Project .....	9
1.6. Scientific Computing for Medical Devices .....	10
1.7. Scientific Work .....	12
1.8. Software for Medical Devices .....	14
2. Wahlpflichtmodule .....	15
2.1. Advanced Electronics .....	16
2.2. Applied Biomechanics .....	17
2.3. Biomechanics of Spine and Knee .....	18
2.4. Ethik in der Medizin .....	19
2.5. Geschäftsmodell-Innovation .....	20
2.6. Image Analysis and Machine Learning .....	22
2.7. International Business .....	23
2.8. Navigation for Medical Interventions .....	25
2.9. Optical Systems in Medicine .....	27



## Studiengänge

ISY	Intelligent Systems (09/2019)
MMD	Medical Devices - Research and Development (03/2018)

## 1. Pflichtmodule



## 1.1. Management and Innovation

<b>Modulkürzel</b> MAIN	<b>ECTS</b> 6	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Pflichtmodul, 1.,2. Semester	<b>Turnus</b> Sommer- und Wintersemester
<b>Modultitel</b> Management and Innovation				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (1./2. Sem)				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Intelligent Systems				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> New technologies and the ability to innovate are crucial to the development of entire the development of entire economies and the long-term success of companies. Engineers participate in the development and manufacturing implementation of new technologies and are challenged to optimize innovation processes in research and development (R&D), manufacturing preparation and technical sales in terms of quality, cost and time. Graduates in the field of medical engineering need to understand various management aspects , because it helps them to translate the language of their engineering discipline into the world of business and industry, creating greater cohesion with the people who make the financial and commercial decisions about the future of their projects. The lecture is designed to prepare participants for these requirements by providing fundamentals of innovation and management and discussing a variety of examples.				
<b>Lernergebnisse</b> On successful completion of the module, seminar participants will have: <b>Subject competence</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A deeper understanding of relevant issues in the fields of marketing, product management, accounting and innovation management</li> <li>• Understand the relevance of these topics for future tasks in organizations</li> </ul> <b>Method competence</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The ability to see their technical subject and its consequences through the perspective of management issues</li> <li>• The ability to use the English language flexibly and effectively for social, academic and professional use</li> <li>• The ability to transfer theoretical know-how on practical issues</li> <li>• The ability to connect the different management fields to practical issues in the field of medical devices</li> </ul> <b>Social and personal competence</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Greater ability and confidence to discuss in English and to take part in teamwork and meetings</li> <li>• Ability to discuss and present complex problems and questions in groups</li> </ul>				
<b>Inhalt</b> The mentioned competences are acquired by dealing with the following topics: <b>Marketing</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Market research</li> <li>• Market segmentation</li> <li>• 4 P's of marketing</li> </ul> <b>Product Management</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Product vision</li> <li>• Branding</li> <li>• User Interface</li> </ul> <b>Innovation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technology and market</li> <li>• Technology foresight</li> <li>• Innovation process</li> </ul> <b>Accounting</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cost estimation</li> <li>• Cost accounting</li> <li>• Controlling</li> </ul>				
<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Will be given during the course.</i></li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.				
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (2 SWS), Seminar, Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS)		
<b>Prüfungsform</b>		Bericht	<b>Vorleistung</b>	Referat



Modulhandbuch des Studiengangs  
Medical Devices - Research and  
Development, Master of Engineering  
(M.Eng.)

<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	120h	0h	180h



## 1.2. Master-Thesis

<b>Modulkürzel</b> MASAR	<b>ECTS</b> 30	<b>Sprache</b>	<b>Art/Semester</b> Pflichtmodul, 3. Semester	<b>Turnus</b> Sommer- und Wintersemester
<b>Modultitel</b> Master-Thesis				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (3. Sem)				
<b>Lernergebnisse</b> Studierende mit erfolgreichem Abschluss der Masterarbeit <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind befähigt, technisch-wissenschaftliche Fragestellungen unter Berücksichtigung spezieller Erkenntnisse aus dem Bereich der Medizintechnik selbständig zu bearbeiten,</li> <li>• sind befähigt zur Lösung von Problemen innerhalb einer vorgegebenen Frist unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden,</li> <li>• sind befähigt zur Lösung von Problemen innerhalb einer vorgegebenen Frist unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden</li> <li>• beherrschen die Methoden der wissenschaftlichen Dokumentation und besitzen die Fähigkeit zur Bewertung und kritischen Diskussion ihrer Ergebnisse mit Fachexperten</li> </ul>				
<b>Inhalt</b> Theoretische oder praktisch orientierte wissenschaftliche Arbeit aus dem Bereich der Ingenieurwissenschaften mit Bezug zu den im Studienschwerpunkt behandelten Fachgebieten				
<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutsche Forschungsgemeinschaft: <i>Vorschläge zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis</i>. Weinheim: Wiley-VCH, 1998.</li> <li>• J. Prätisch, W. E. Rossig: <i>Wissenschaftliche Arbeiten</i>. Weyhe: Print-TEC Druck &amp; Verlag, 2011.</li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.				
<b>Lehr- und Lernform</b>				
<b>Prüfungsform</b>	Bericht, Referat, mündliche Leistung (60 min)		<b>Vorleistung</b>	
<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	840h	0h	900h



### 1.3. Multiphysics / Virtual Lab

<b>Modulkürzel</b> MVL	<b>ECTS</b> 6	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Pflichtmodul, 2. Semester	<b>Turnus</b> nur Sommersemester
<b>Modultitel</b> Multiphysics / Virtual Lab				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (2. Sem)				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> The Finite Element Method (FEM) is a state of the art technology and nowadays often available as a module in a large number of CAD programs. FEM is used in the analysis and design of complex structures (e.g. machines, structures and implants), where both material and geometric nonlinearities and contact occur. The trend in medical technology (analogous to automotive and aerospace) is also towards virtual product development, i.e. dimensioning and/or analysis of the product using numerical methods for efficiency and cost reasons.				
<b>Lernergebnisse</b> Upon successful completion of the module, students will be able to apply the following competencies: <b>Technical competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Create linear and nonlinear FEM simulation models independently</li> <li>• Verify and interpret simulation results</li> <li>• Experience with commercial FEM software (here: Ansys)</li> <li>• Optimize and identify parameters (here: Optislang)</li> </ul> <b>Methodological competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematic problem analysis and problem solving</li> </ul> <b>Social and personal competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyze problems and develop solutions in a team</li> <li>• Presentation and discussion of simulation results</li> </ul>				
<b>Inhalt</b> <b>The acquisition of the mentioned competences and skills is done by dealing with the following topics:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theoretical background of linear and nonlinear FEM</li> <li>• Application of nonlinear analyses with contact and nonlinear material behavior in ANSYS</li> <li>• FEM simulations in product development (real world projects with ANSYS)</li> <li>• Application of optimization and parameter identification methods in theory and practice (projects with Optislang)</li> </ul>				
<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wriggers, Peter: <i>Nichtlineare Finite-Element-Methoden</i>. Springer, 1700.</li> <li>• Rust, Wilhelm: <i>Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnungen. Kontakt, Kinematik, Material</i>. Springer, 1700.</li> <li>• Stommel, Markus; Stojek, Marcus; Korte, Wolfgang: <i>FEM zur Berechnung von Kunststoff- und Elastomerbauteilen</i>. Hanser, 1700.</li> <li>• Steinke, Peter: <i>Finite-Elemente-Methode</i>. Springer, 1700.</li> <li>• Zienkiewicz, Olgierd C.; Taylor, Robert L.; Zhu, Jianzhong: <i>The finite element method. Its basis and fundamentals</i>. Butterworth-Heinemann, 1700.</li> <li>• Taber A., Larry: <i>Nonlinear Theory of Elasticity Applications in Biomechanics</i>. Word Scientific Publishing, 1700.</li> <li>• Hackett, Robert M.: <i>Hyperelasticity Primer</i>. Springer, 1700.</li> <li>• <i>ANSYS Manuals</i>.</li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.				
<b>Lehr- und Lernform</b>	Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>	sonstiger Leistungsnachweis	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit	
<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	120h	0h	180h



## 1.4. Regulatory Affairs

<b>Modulkürzel</b> REAF	<b>ECTS</b> 6	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Pflichtmodul, 1. Semester	<b>Turnus</b> nur Wintersemester
<b>Modultitel</b> Regulatory Affairs				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (1. Sem)				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> The development of medical devices (including instruments, implants, prostheses, apparatus, devices, substances) for use on humans for the purpose of, among other things, the detection, prevention, monitoring and alleviation of diseases is subject to national legislation in compliance with national and international standards. Knowledge of the existence and application of relevant regulations is a prerequisite for engineers in the field of medical technology.				
<b>Lernergebnisse</b> <b>Upon successful completion of the module, students will have:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• name the national (Germany) and European requirements for placing medical devices on the market</li> <li>• describe the quality management for distributors of medical devices</li> <li>• analyze and assess potential hazards and resulting risks of medical devices</li> <li>• clinically evaluate medical devices on the literature route</li> <li>• systematically analyze the usability of medical devices</li> <li>• develop essential components of technical documentation for medical devices</li> </ul> <b>Methodological competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Develop and implement approaches to solutions for approval-relevant questions in the course of product development or during market observation</li> <li>• systematically assess product risks</li> </ul> <b>Social and personal competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Individually and in working groups, solve tasks related to the approval of medical devices and develop partial solutions for approval-relevant problems.</li> </ul>				
<b>Inhalt</b> <b>The acquisition of the following competencies and skills is achieved by addressing the following topics:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Directive 93/42/EEC on medical device</li> <li>• Law on medical devices</li> <li>• Quality management system for medical devices according to DIN EN ISO 13485</li> <li>• Risk management for medical devices according to DIN EN ISO 14971</li> <li>• Clinical evaluation of medical devices</li> <li>• Suitability for use of medical devices according to DIN EN 60601-1-6 and DIN EN 62366</li> <li>• Structure of the technical documentation</li> </ul>				
<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BVMed: <i>Medizinprodukterecht</i>. Berlin: MedInform, 2010.</li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.				
<b>Lehr- und Lernform</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung			
<b>Prüfungsform</b>	Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	praktische Arbeit, Referat	
<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	120h	0h	180h



## 1.5. Research Project

<b>Modulkürzel</b> RPRO	<b>ECTS</b> 8	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Pflichtmodul, 1.,2. Semester		<b>Turnus</b> Sommer- und Wintersemester
<b>Modultitel</b> Research Project					
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (1./2. Sem)					
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b>					
<b>Lernergebnisse</b> <b>Upon successful completion of the module, students will be able to:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Work independently on scientific questions.</li> <li>• Document, evaluate, present and discuss results scientifically.</li> </ul> Methodological competence <ul style="list-style-type: none"> <li>• Develop specifications</li> <li>• Implement concepts under given boundary conditions</li> <li>• Critically evaluate and discuss results</li> </ul> Social and personal competence <ul style="list-style-type: none"> <li>• Work and discuss in teams</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <b>The acquisition of the aforementioned competencies and skills is achieved through the treatment of the following topics:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scientific issues from the Institute of Medical Technology and Mechatronics</li> <li>• Research projects from the Institute of Medical Technology and Mechatronics</li> <li>• Implementation of concepts from the module "Research Project"</li> </ul>					
<b>Literaturhinweise</b> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.					
<b>Lehr- und Lernform</b>		Labor (2 SWS), Labor (2 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>		Bericht, Referat	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit	
<b>Aufbauende Module</b>					
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
		0h	60h	180h	240h



## 1.6. Scientific Computing for Medical Devices

<b>Modulkürzel</b> SCMD	<b>ECTS</b> 6	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Pflichtmodul, 1. Semester	<b>Turnus</b> nur Wintersemester
<b>Modultitel</b> Scientific Computing for Medical Devices				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (1. Sem)				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Die Methoden des Scientific Computing haben in der Entwicklung neuer Verfahren für die Diagnostik und Therapie eine große Bedeutung. Numerische Simulationsmodelle, intelligente Tracking- und Signalverarbeitungsalgorithmen und schnelle Berechnungsverfahren spielen insbesondere in medizintechnischen Geräten eine große Rolle. Auf dem Zukunftsgebiet der individualisierten Medizin, wie z.B. der Bewegungsanalyse zur Diagnose und Therapie, stellen diese Techniken die Grundlage dar. Zu vermitteln sind fundierte Kenntnisse auf den Gebieten: mathematische Simulationsverfahren, System- und Signalverarbeitung, Parallelisierung von Algorithmen und Implementierung in Matlab. Die Vermittlung der Kompetenzen erfolgt anhand eines konkreten Anwendungs- und Forschungsbeispiels, z.B. Einsatz von muskuloskelettale Simulationssystemen zur Bewegungsanalyse.				
<b>Lernergebnisse</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden				
<b>Fachkompetenz:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhandene mathematische Modelle diskretisieren und stabile Lösungsverfahren fortführen</li> <li>• Mathematische Modelle mit Differentialgleichungen für einfache Systeme erzeugen</li> <li>• Einfache Parallelisierung von Algorithmen durchführen können</li> </ul>				
<b>Methodenkompetenz:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestehende Simulationsmodelle kritisch beurteilen und sie entsprechend modifizieren</li> <li>• Simulationsmodelle für die medizinische Diagnostik und Therapie in MATLAB entwickeln</li> <li>• Systeme analysieren, Sensibilität der Parameter einschätzen und Ergebnisse mit Matlab visualisieren</li> <li>• Simulationsmodelle anhand praktischer Fragestellungen aus der Forschung und Industrie implementieren, adaptieren und die Ergebnisse interpretieren</li> </ul>				
<b>Sozial- und Selbstkompetenz:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Team eine Präsentation zu aktueller wissenschaftlichen Literatur aus dem Fachgebiet erarbeiten, im Seminar vortragen und in der Diskussion verteidigen</li> <li>• Simulationsergebnisse interpretieren und präsentieren können.</li> </ul>				
<b>Inhalt</b>				
<b>Der Erwerb der genannten Kompetenzen und Fähigkeiten erfolgt durch Behandlung folgender Themen:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Grundlagen der Numerik: Binärdarstellung, Fehlerfortpflanzung, numerische Effekte</li> <li>• Mathematische Grundlage von Systemen: Kontinuierliche und diskrete Systeme, Differentialgleichungen</li> <li>• Einführung in die Simulation dynamischer Prozesse</li> <li>• Deterministische und stochastische Modelle (einfache Herz-Kreislauf-Modelle, Diffusion in Gasen)</li> <li>• Techniken zur Parameterschätzung (nichtlineare Optimierung)</li> <li>• Numerische Lösungen von Differentialgleichungen mit Matlab</li> <li>• Koordinatensystembeschreibung und Transformationen, Lagebestimmung mittels Quaternionen</li> <li>• Grundlagen zur Erfassung von Bewegungen (Motion Capturing Systeme und Objekttracking)</li> <li>• Grundlagen von muskuloskelettalen Simulationssysteme und Anwendungen in OpenSim</li> <li>• Parallelisierungstechniken zur schnellen Berechnung komplexer Simulationsmodelle</li> </ul>				
Hinweis: Das Modul entspricht im Wesentlichen dem früheren Modul "Numerische Simulation in der Medizintechnik" (8332).				
<b>Literaturhinweise</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L. Edelstein-Keshet: <i>Mathematical Models in Biology</i>. SIAM: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005.</li> <li>• F. C. Hoppenstedt, C. S. Peskin: <i>Modeling and Simulation in Medicine and the Life Sciences</i>. Springer, 2010.</li> <li>• J. Keener, J. Sneyd: <i>Mathematical Physiology 2 Vol Set</i>. Springer, 2008.</li> <li>• J. B. Olanson, E. Rosow: <i>Virtual Bio-Instrumentation: Biomedical, Clinical and Healthcare Applications in LabView</i>. Prentice Hall, 2001.</li> <li>• W. D. Pietruszka: <i>Matlab und Simulink in der Ingenieurpraxis</i>. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2012.</li> <li>• A. V. Oppenheim, A. S. Willsky: <i>Signals and Systems</i>. Upper Saddle River, USA: Prentice Hall, 1996.</li> </ul>				
Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.				
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)		
<b>Prüfungsform</b>		Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit
<b>Aufbauende Module</b>				



Modulhandbuch des Studiengangs  
Medical Devices - Research and  
Development, Master of Engineering  
(M.Eng.)

Modulumfang	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	120h	0h	180h



## 1.7. Scientific Work

Modulkürzel	ECTS	Sprache	Art/Semester	Turnus
SWOR	12	englisch	Pflichtmodul, 1.,2. Semester	Sommer- und Wintersemester
<b>Modultitel</b> Scientific Work				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (1./2. Sem)				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Scientific work is also a typical requirement in the classic professional life of a Master's graduate. If a product is to be further developed or a relaunch with a new function is planned, a very specific question must be answered. For this, a systematic literature research and a market analysis are necessary first. Both technical and medical publications must be interpreted and processed. Based on this research, you can create recommendations for a new product or outline how an existing product can be improved based on current research results. In all cases, a clinical study or clinical evaluation is required. Planning a study, conducting and evaluating trials must be professionally executed in order to bring a product to the European market. The module Scientific Work also prepares students for the scientifically oriented master thesis. The procedures and tools of Quality Engineering are central components of innovative product development and product optimization as well as process design. The aim of this course is to teach students the basic procedures and tools in an application-oriented manner. In addition, students will be able to apply what they have learned directly in practice.				
<b>Lernergebnisse</b> <b>Expertise:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scientific in-depth study of a topic area (Research Project) from the field of medical technology</li> <li>• Knowing the structure of a "Systematic Review"</li> <li>• Know common statistical methods and evaluate and select them for an application</li> <li>• Create a statistical experimental design</li> <li>• Perform an adequate statistical data analysis</li> <li>• Use appropriate software for statistical analysis of experiments (e.g. SAS)</li> <li>• DOE</li> <li>• Ethical principles in medicine, GCP, principles of (honest) scientific work</li> <li>• Design and support development and optimization processes</li> <li>• Accompanying and guiding innovation processes</li> <li>• Developing development profiles for products and production processes</li> <li>• Support product development and process optimization based on statistical methods and tools, both technically and in terms of content</li> <li>• Monitor and control processes using statistical methods</li> <li>• Apply modern statistical software</li> <li>• Develop solution approaches to overcome technical conflicts and contradictions (Theory of Inventive Problem Solving)</li> <li>• Translate customer requirements into product features and functions in a structured manner using market analyses, competitive considerations and benchmarks</li> <li>• Plan, design, execute, and statistically evaluate experiments using statistical design of experiments (DoE)</li> <li>• Design and execute optimization projects according to the Six Sigma approach.</li> <li>• Improve processes in terms of efficiency and effectiveness</li> <li>• Stabilize processes with the support of statistical methods</li> </ul> <b>Methodological competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Independently comprehend and work on a scientific topic are able to conduct and document (e.g. in Citavi) a reliable systematic literature search for their department on a very specific topic (e.g. if the product portfolio of their company is to be expanded in a certain direction) describe, evaluate and discuss results scientifically</li> <li>• Communicate scientific findings in a way that is appropriate for the target group</li> <li>• Prepare an ethics proposal</li> <li>• Publish own scientific results at a conference or in a journal</li> </ul> <b>Social and personal competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liaise with clinicians, experts, etc. Establish contact and discuss issues</li> <li>• Present and discuss at a conference (presentation at an internal conference and, if accepted, at an external conference)</li> <li>• Apply technical and methodological knowledge in the project team for the research project</li> <li>• Carry out product and process optimization projects individually and in small groups</li> </ul>				
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of evidence-based applied research: from bench to bedside, difference from basic research.</li> <li>• Flow of the research process: research question/hypothesis, measurement theory, data collection, results, interpretation</li> </ul>				



- Conduct, summarize, and evaluate literature reviews different types of literature and the importance of systematic reviews
- Conduct systematic literature searches
- create a reliable search string for the main literature databases
- Working with Citavi, preparing literature results (e.g. Pubmed Reminer)
- Formulation of hypotheses/concrete scientific questions
- Structure of an ethics application, Good Clinical Practice GCP, data protection, data security
- Study design and planning of trials
- Descriptive and inferential statistics as well as special statistical methods
- Statistical analysis, answering hypotheses
- Software tool R
- Writing a conference or journal paper (e.g., BMT2019, March 2019 submission deadline)
- Preparing and delivering a presentation at an internal and/or external conference
- Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).
- Basics of modern process optimization (Six Sigma and Lean Management)
- Quality Function deployment (QFD)
- Basics of statistics
- Hypothesis testing, its application and interpretation
- Design and execution of experiments: Shainin methods, Design of Experiments (DoE), Full factorial multistage experiments, 2-stage full factorial experiments, 2-stage partial factorial experiments, Multi-stage partial factorial experiments (Taguchi), Statistical process control (SPC), Evaluate and control risk (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)
- Reduce waste and synchronize processes
- Design, plan and execute projects
- Application of the statistical software "MINITAB"

**Literaturhinweise**

- George M. Hall: *How To Write a Paper*. New York: John Wiley & Sons, 2012.
- A. Manz und H. Becker: *Microsystem Technology in Chemistry and Life Science*. Berlin: Springer, 1999.
- N.-T. Nguyen: *Mikrofluidik*. Stuttgart: Teubner, 2004.
- Ritschl, Valentin, Weigl, Roman, Stamm, Tanja: *Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben*. Berlin: Springer, 2016.
- L. Fahrmeir, C. Heumann, R. Künstler, I. Pigeot, G. Tutz: *Statistik - Der Weg zur Datenanalyse*. Berlin: Springer, 2016.
- J. Groß: *Grundlegende Statistik mit R*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2010.
- Deming, W. Edwards: *Out of the crisis (Neuaufgabe)*. MIT Press, 2000.
- Brunner, Franz J.: *Japanische Erfolgskonzepte: KAIZEN, KVP, Lean Production Management, ....* Hanser, 2008.
- Liker, Jeffrey K.: *Der Toyota Weg: Erfolgsfaktor Qualitätsmanagement*. FinanzBuch Verlag, 2008.
- Linß, Gerhard: *Qualitätsmanagement für Ingenieure*. Hanser, 2005.
- Eiche, Daniel et al.: *FMEA*. TQU Verlag, 2002.
- Reuter, Konrad: *SPC umsetzen*. TQU Verlag, 2007.
- Bläsing, Jürgen P.: *TRIZ Theorie of Problem Solving*. TQU Verlag, 2001.
- Bläsing, Jürgen P.: *Faktor X, Six Sigma und mehr*. TQU Verlag, 2004.
- Lau, Bernhard: *DoE nach Taguchi*. TQU Verlag, 2002.
- Eiche, Daniel: *QFD*. TQU Verlag, 2004.
- Bläsing, Jürgen P.: *Quality Basics*. TQU Verlag, 2004.

Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.

<b>Lehr- und Lernform</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung, Vorlesung (4 SWS), Übung			
<b>Prüfungsform</b>	Bericht, Bericht		<b>Vorleistung</b>	
<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	30h	75h	75h	180h



## 1.8. Software for Medical Devices

<b>Modulkürzel</b> SOMD	<b>ECTS</b> 6	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Pflichtmodul, 2. Semester	<b>Turnus</b> nur Sommersemester
<b>Modultitel</b> Software for Medical Devices				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Pflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development (2. Sem)				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b>				
<b>Lernergebnisse</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden				
<b>Fachkompetenz:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die rechtlichen Rahmenbedingungen, unter denen in Deutschland und Europa Medizinprodukte entwickelt werden, benennen</li> <li>• Die Prozessgebiete, die bei Herstellung medizinischer Software durchgeführt werden müssen, beschreiben</li> <li>• Einen professionellen Softwareentwicklungsplan beschreiben</li> <li>• Wichtige Sicherheitsaspekte für Software im medizinischen Umfeld kennen und beurteilen (funktionale Sicherheit sowie IT-Sicherheit)</li> </ul>				
<b>Methodenkompetenz:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein medizinisches Softwareprojekt nach Anforderungen planen</li> <li>• Software-Architektur und Design mit UML Diagrammen verstehen und anwenden</li> <li>• Mittelgroße Softwareprojekte in einer objektorientierten Programmiersprache implementieren</li> <li>• Software testen, testen lassen und Fehler korrigieren</li> <li>• Komplette Softwaredokumentation produzieren.</li> </ul>				
<b>Sozial- und Selbstkompetenz:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Softwareprojekte werden zwischen Studenten ausgetauscht. Studenten werden Nutzer und Tester anderer Softwareprojekte.</li> <li>• Die Studenten erstellen einen Report über Fehler, Gebrauchstauglichkeit und Erfüllung der Anforderungen der Software ihrer Peer-Group.</li> <li>• Im Team eine Präsentation über das entwickelte Projekt unter Berücksichtigung der passenden Prozesse erarbeiten, im Seminar vortragen und in der Diskussion verteidigen.</li> </ul>				
<b>Inhalt</b>				
<b>Der Erwerb der genannten Kompetenzen und Fähigkeiten erfolgt durch Behandlung folgender Themen:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phasen der industriellen Softwareentwicklung für die Medizin.</li> <li>• Relevante harmonisierte Normen: Software-Lebenszyklus-Prozesse ( IEC EN 62304 ), Qualitätsmanagement (EN ISO 13485), Risikomanagement (§N ISO 14971), Gebrauchstauglichkeit (EN 62366 und EN 60601-1-6)</li> <li>• Prozessgebiete zur Herstellung medizinischer Software: Softwareentwicklung, Softwarewartung, Softwarerisikomanagement, Softwarekonfigurationsmanagement, Softwareproblemlösung</li> <li>• Verschiedene Vorgehensmodelle (V-Modell, Iterativ-Inkrementell, etc.)</li> <li>• Softwarearchitektur und Softwaredesign</li> <li>• UML</li> <li>• Safety und Security</li> <li>• Softwaretesting</li> <li>• Softwaregebrauchstauglichkeit</li> </ul>				
Hinweis: Das Modul entspricht im Wesentlichen dem früheren Modul "Software-Entwicklung für Medizinprodukte"				
<b>Literaturhinweise</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Johner, M. Hölzer-Klüpfel, S. Wittorf: <i>Basiswissen Medizinische Software</i>. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2011.</li> <li>• David A. Vogel: <i>Medical Device Software, Verification, Validation and Compliance</i>. London, UK / Boston, USA: Artech House, 2011.</li> <li>• G. Schorn: <i>Medizinproduktegesetz (MPG)</i>. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2009.</li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.				
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)		
<b>Prüfungsform</b>		mündliche Prüfungsleistung, Bericht	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit
<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit
		60h	120h	0h
				Gesamtzeit
				180h



## 2. Wahlpflichtmodule



## 2.1. Advanced Electronics

<b>Modulkürzel</b> AEL	<b>ECTS</b> 5	<b>Sprache</b> deutsch	<b>Art/Semester</b> Wahlpflichtmodul, siehe StuPO		<b>Turnus</b> nur Wintersemester
<b>Modultitel</b> Advanced Electronics					
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development					
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Applied Electronics links from the human input to the mechanical and visual output of medical products. The major goal of this course is to understand different types of human machine interfaces with their electrical outputs paired with the understanding of controlling mechanical and visual outputs.					
<b>Lernergebnisse</b> <b>Fachkompetenz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Power electronics and their components</li> <li>• Drive systems for medical products</li> <li>• Wireless patient monitoring</li> <li>• Human machine interface</li> <li>• Measurement of body signals</li> <li>• Stimulation of muscles</li> </ul> <b>Methodenkompetenz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Research and discussion of current literature in the field of electronics</li> <li>• Handle decision matrixes</li> <li>• Classify and log laboratory results</li> </ul> <b>Sozial- und Selbstkompetenz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamwork for solving practical problems in the laboratory</li> <li>• Ability to discuss complex questions in groups</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H- and B6-Bridges</li> <li>• Power transistors</li> <li>• Voltage converter</li> <li>• Different types of motors</li> <li>• Electromagnetic compatibility</li> <li>• Drive systems for orthosis and exoskeleton</li> <li>• Radar for patient monitoring system</li> <li>• Functional principle of a body fat scale and stress measurement</li> <li>• Interfaces for displays and haptic inputs</li> <li>• Electromyography</li> <li>• Stimulation with magnetic fields</li> </ul>					
<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Mayer, R. Blechschmidt: <i>Script Applied Electronics</i>.</li> <li>• G. Hagmann: <i>Leistungselektronik</i>. Aula-Verlag, 2015.</li> <li>• R. Hagl: <i>Elektrische Antriebstechnik</i>. Hanser, 2013.</li> <li>• Pal, Kunal; Kuruganti, Usha; Banerjee, Indranil; Bag, Sandip; Khasnobish, Anwesha; Kraatz, Heinz-Bernhard: <i>Bioelectronics and Medical Devices</i>. Elsevier Science &amp; Techn., 2019.</li> <li>• David Prutchi Michael Norris: <i>Medical Electronic Instrumentation</i>. Wiley &amp; Sons, 2004.</li> <li>• Webster: <i>Medical Instrumentation</i>. Wiley / Wiley &amp; Sons, 2020.</li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.					
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>		Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit	
<b>Aufbauende Module</b>					
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
		60h	90h	0h	150h



## 2.2. Applied Biomechanics

<b>Modulkürzel</b> APBI	<b>ECTS</b> 5	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Wahlpflichtmodul, siehe StuPO		<b>Turnus</b> nur Sommersemester
<b>Modultitel</b> Applied Biomechanics					
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development					
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Zur Analyse biomechanischer Abläufe werden immer häufiger moderne Technologien eingesetzt. Durch die kostengünstige Verfügbarkeit von videobasierten und IMU-gestützten Systemen, wird auch eine Anwendung im Consumer-Markt immer häufiger (z.B. Laufstil- oder Haltungsanalyse). Daher sind fundierte Kenntnisse zur Funktionsweise der gängigen Meßmethoden, sowie der Datenauswertung und Interpretation notwendig.					
<b>Lernergebnisse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung mechanischer Verfahren auf die Berechnung biomechanischer Größen (z.B. Gelenkmomente)</li> <li>• Signalverarbeitung von IMU-Daten (9-Achs Inertialsensoren)</li> <li>• Biosignalverarbeitung bei EMG-Anwendungen</li> <li>• Identifikation relevanter Parameter bei der Analyse von Bewegungen</li> <li>• Interpretation der Meßdaten im Anwendungskontext</li> <li>• Anwendung kommerzieller Messtechnik (z.B. Laufband, EMG, etc.)</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanik (Statik und Dynamik)</li> <li>• Signalverarbeitung (IMUs, EMG, Druckplatten)</li> <li>• Praktische Durchführung von Messungen mit kommerziellen Systemen</li> <li>• Versuchsplanung</li> <li>• Datenauswertung</li> </ul>					
<b>Literaturhinweise</b> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.					
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>		Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit	
<b>Aufbauende Module</b>					
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
		60h	90h	0h	150h



### 2.3. Biomechanics of Spine and Knee

<b>Modulkürzel</b> BSK	<b>ECTS</b> 5	<b>Sprache</b> englisch	<b>Art/Semester</b> Wahlpflichtmodul, siehe StuPO		<b>Turnus</b> nur Wintersemester
<b>Modultitel</b> Biomechanics of Spine and Knee					
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development					
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Die Entwicklung und Optimierung von chirurgischen Implantaten, Prothesen und Orthesen ist ein klassisches Betätigungsfeld der Absolventen des Medizintechnikstudiums. Die Kenntnis der biomechanischen Zusammenhänge im Bewegungsapparat bis hinunter auf Zellebene ist dafür genauso eine unabdingbare Voraussetzung wie das Wissen um die Auswirkungen des Einsatzes von Implantaten auf den Körper. Generelles Ziel der Veranstaltung ist es, den Studierenden den Anwendungsbezug der mechanischen und biomechanischen Prinzipien auf den gesunden und den chirurgisch versorgten menschlichen Bewegungsapparat zu vermitteln.					
<b>Lernergebnisse</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden					
<b>Fachkompetenz:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau und Funktionsweise von Knochen, Knorpeln, Bändern, Gelenken und der Wirbelsäule beschreiben</li> <li>• Die Auswirkungen der Biomechanik auf Aufbau und Funktionsweise des Knochens auf makroskopischer und zellulärer Ebene erklären</li> <li>• Den Verlauf einer Frakturheilung beschreiben und analysieren</li> <li>• Grundlegende Osteosyntheseverfahren benennen</li> <li>• Wichtige chirurgische Implantate und ihre Implantationsverfahren beschreiben</li> <li>• Implantat- und Trägermaterialien und ihre Anwendungsgebiete benennen</li> <li>• Wichtige Implantat-Testverfahren beschreiben und beurteilen</li> <li>• Sportbiomechanische Grundprinzipien beschreiben</li> <li>• Die Entwicklungsschritte eines Finite-Elemente-Modelles skizzieren</li> <li>• Die generellen Funktionsprinzipien der computergestützten Chirurgie wiedergeben</li> </ul>					
<b>Methodenkompetenz:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• die mittels bildgebender Verfahren gewonnenen Abbildungen anhand ausgewählter Beispiele auswerten und interpretieren</li> <li>• die Eignung von Materialien für verschiedene Einsatzgebiete als Implantat-, Träger- oder Ersatzmaterial kritisch bewerten</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
<b>Der Erwerb der genannten Kompetenzen und Fähigkeiten erfolgt durch Behandlung folgender Themen:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Biomechanik</li> <li>• Biomechanik der Osteosynthese, der Frakturheilung, der Wirbelsäule und der Gelenk-Endoprothetik</li> <li>• Sportbiomechanik</li> <li>• Numerische Methoden, Finite-Elemente-Methoden und Mehrkörperdynamik in der Biomechanik</li> <li>• Knochen und Gelenke, Bänder und Bandersatz</li> <li>• Biokompatibilität und Biomaterialien</li> <li>• Zellbiomechanik</li> <li>• Tissue Engineering, Gewebe aus dem Reagenzglas</li> <li>• Implantatprüfung</li> <li>• Bildgebende Verfahren zur Knochendichtebestimmung</li> <li>• Computerunterstützte Chirurgie</li> </ul>					
Hinweis: Die Vorlesungsinhalte entsprechen im Wesentlichen der früheren Veranstaltung "Ausgewählte Kapitel der Biomechanik"					
<b>Literaturhinweise</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• H.-J. Wilke et al.: <i>Skript zur Vorlesung Biomechanik</i>.</li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.					
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>		Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit	
<b>Aufbauende Module</b>					
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
		60h	90h	0h	150h



## 2.4. Ethik in der Medizin

<b>Modulkürzel</b> ETHME	<b>ECTS</b> 5	<b>Sprache</b> deutsch	<b>Art/Semester</b> Wahlpflichtmodul, siehe StuPO		<b>Turnus</b> Keine Angabe
<b>Modultitel</b> Ethik in der Medizin					
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development					
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Die moderne Medizin wirft viele ethische Fragen auf, die nicht nur für Ärzte und Krankenschwestern, sondern für alle Personen, die beruflich im Bereich der Medizin arbeiten, relevant sind. Gerade für Studierende der Medizintechnik erhöht ein erweiterter Blick auf das Fachgebiet die Kompetenz. Generelles Ziel der Veranstaltung ist es, den Studierenden eigene Gedanken über individuelle, gesellschaftliche und ökonomische Auswirkungen der Medizintechnik zu ermöglichen.					
<b>Lernergebnisse</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden					
<b>Fachkompetenz:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethische Fragen in der Medizin erkennen</li> <li>• Spannungsfelder in der modernen Medizin benennen</li> <li>• Grundzüge der Organisation des Gesundheitswesens in Deutschland beschreiben</li> <li>• Krankheit und Gesundheit als historisch veränderliche Konzepte begreifen</li> </ul>					
<b>Methodenkompetenz:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungsansätze unter Berücksichtigung des eigenen Wertesystems bewerten</li> <li>• grundlegende Fachbegriffe anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
<b>Der Erwerb der genannten Kompetenzen und Fähigkeiten erfolgt durch Behandlung folgender Themen:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eid des Hippokrates als Basis für europäische Medizinethik</li> <li>• beispielhafte Konfliktsituationen wie Präimplantationsdiagnostik, Interruptio, Sterbehilfe</li> <li>• Auswirkungen demographischer Veränderungen auf die Medizin</li> <li>• Finanzierung des Gesundheitswesens in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern</li> <li>• Patientenautonomie</li> <li>• Patienteneinwilligung</li> <li>• Zielvorgaben des Gesundheitswesens</li> <li>• Kooperation und Konflikte zwischen Mitspielern im Gesundheitswesen</li> <li>• Ethische Problemkonstellationen in der Medizin unter Extrembedingungen</li> </ul>					
<b>Literaturhinweise</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• R. Holl, H. Fangerau, F. Bischoff: <i>Skript zur Vorlesung "Ethik in der Medizin"</i>.</li> <li>• Chr. Hick: <i>Klinische Ethik</i>. Berlin: Springer, 2007.</li> <li>• H. Fangerau, N. Paul, S. Schulz: <i>Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin</i>. Suhrkamp, 2006.</li> </ul> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.					
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (4 SWS), Übung			
<b>Prüfungsform</b>		sonstiger Leistungsnachweis		<b>Vorleistung</b>	
<b>Aufbauende Module</b>					
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
		60h	90h	0h	150h



## 2.5. Geschäftsmodell-Innovation

Modulkürzel GMI	ECTS 5	Sprache deutsch	Art/Semester Wahlpflichtmodul, siehe StuPO	Turnus Sommer- und Wintersemester
<b>Modultitel</b> Geschäftsmodell-Innovation				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Intelligent Systems, Medical Devices - Research and Development				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Unternehmen sind ständig gezwungen, sich gegenüber Wettbewerbern zu differenzieren, da eine zunehmende Homogenität und Transparenz von Produkten und Dienstleistungen zu verzeichnen ist. Daneben führen stagnierende bzw. schrumpfende Märkte und eine zunehmende Wettbewerbsintensität zu einem steigenden Preisdruck. Häufig eingesetzte Differenzierungsmöglichkeiten sind die Produkt-, Dienstleistungs- und Prozess-Innovation, die allerdings in vielen Fällen schnell nachgeahmt werden können. In den letzten Jahren ist stattdessen die Geschäftsmodell-Innovation in den Fokus der Theorie und Praxis gelangt. Ein Geschäftsmodell orientiert sich an Kundenbedürfnissen, kombiniert unterschiedliche Elemente eines Unternehmens und stiftet somit einen Kundennutzen. Da innovative Geschäftsmodelle meist komplex sind (z.B. aufgrund einer Service-Infrastruktur) und eine starke Kundenbindung ermöglichen (z.B. mittels der Kopplung an ein System); zudem ermöglichen innovative Geschäftsmodelle eine bessere Differenzierung gegenüber Wettbewerbern.				
<b>Lernergebnisse</b> Die Studierenden kennen und beurteilen Geschäftsmodellen sowie deren Struktur und Innovationen detailliert und überprüfen diese auf Basis vertieften Fachwissens. Auf Grundlage dieses theoretischen Wissens sind die Studierenden in der Lage, selbst und als Team eigene Geschäftsmodellinnovationen zu konzipieren und auszuarbeiten. Insbesondere können die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschäftsmodelle analysieren und im Bereich des Strategischen Managements bewerten</li> <li>• Struktur und Bestandteile eines Geschäftsmodells überprüfen und einschätzen</li> <li>• konkrete Beispiele innovativer Geschäftsmodelle sowohl bewerten</li> <li>• Zusammenhänge zwischen technischen Innovationen und Geschäftsmodellinnovationen herausstellen und hinterfragen</li> <li>• Geschäftsmodelle als Ganzes sowie in ihren Bestandteilen analysieren und strategisch weiterentwickeln</li> <li>• verschiedene Methoden und Instrumente zur Entwicklung eines neuen Geschäftsmodells praktisch anwenden,</li> <li>• neue Geschäftsmodelle auf ihre Umsetzbarkeit und ihr Erfolgspotenzial beurteilen</li> </ul> Methodenkompetenzen: Die Teilnehmenden können: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelltypen illustrieren, einschätzen und beurteilen</li> <li>• Handlungsalternativen entwerfen, diskutieren, abwägen und konzipieren</li> <li>• Lösungsvorschläge entwerfen</li> <li>• Wirtschaftliche Beziehungen und deren Wechselwirkungen fachlich fundiert gewichten</li> </ul> Selbstkompetenzen: Die Teilnehmenden können: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geforderte Lösungen erarbeiten und termingerecht abliefern</li> </ul> Sozialkompetenzen: Die Teilnehmenden können: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Team gemeinsam mit anderen an komplexen Lösungen arbeiten und sowohl den Gesamtblick der Teamaufgabe als auch ihren jeweiligen Teilbereich im Blick behalten und gemeinsam erfolgreichen Lösungen zuführen</li> </ul> Der nachhaltige Lernerfolg wird durch direkte Anwendung und Umsetzung des erlernten Wissens, im Sinne eines handlungsorientierten Lernens in Verknüpfung von Theorie und Praxis, erreicht. Am Ende des Kurses werden die Studierenden alle Voraussetzungen zur Teilnahme mit einer eigenen Geschäftsidee am landesweiten Wettbewerb für Studierende an baden-württembergischen Hochschulen und Universitäten, Start-up BW ASAP, erfüllen.				
<b>Inhalt</b> Durch folgende Inhalte werden die genannten Kompetenzen vor allem vermittelt: Das Modul gliedert sich in zwei wesentliche Teile. <b>Einerseits die Vermittlung der theoretischen Grundlagen zur Geschäftsmodellinnovation, welche praxisorientiert mit Fallbeispielen und deren Analyse begleitet wird. Zu diesem Teil gehören:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation und Beispiele der Geschäftsmodell-Innovation</li> <li>• Theoretische Grundlagen der Geschäftsmodell-Innovation</li> <li>• Geschäftsmodell-Dimensionen und -Elemente</li> <li>• Vorgehensmodell der Geschäftsmodell-Innovation</li> </ul> <b>Andererseits die Anwendung des erlernten Wissens in der Ausarbeitung einer eigenen Geschäftsmodellinnovation in Gruppenarbeit. Hierbei wird besonderer Wert auf die folgenden fünf Elemente gelegt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem Solution Fit</li> <li>• Product Market Fit</li> <li>• Markt</li> <li>• Traction</li> <li>• Business Model Fit</li> </ul>				



Ziel dieses Teils ist die Präsentation („Pitch“) einer eigenen Geschäftsidee.

**Literaturhinweise**

- u.a.: *Literaturhinweise werden zu Kursbeginn bekannt gegeben.*

Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.

<b>Lehr- und Lernform</b>	Seminar (4 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>			<b>Vorleistung</b>	
<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	90h	0h	150h



## 2.6. Image Analysis and Machine Learning

<b>Modulkürzel</b> IAML	<b>ECTS</b> 5	<b>Sprache</b> deutsch	<b>Art/Semester</b> Wahlpflichtmodul, siehe StuPO		<b>Turnus</b> nur Sommersemester
<b>Modultitel</b> Image Analysis and Machine Learning					
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development					
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Image analysis plays an important role in nowadays clinical diagnosis systems and several medical devices. Knowledge of basic image processing techniques and methods are therefore essential for medical engineers. Machine learning is one of the most promising techniques in image understanding. Especially for medical purposes, the importance of this method is constantly increasing, not only in image analysis.					
<b>Lernergebnisse</b> After successful completion of this module, the students have the following expertise: <b>Professional expertise:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of important image processing methods</li> <li>• Choice of the appropriate algorithm for a diagnostic problem</li> <li>• Assessment and improvement of image quality</li> <li>• Application of basic image processing methods: filtering, FFT, morphology, segmentation, etc.</li> <li>• Knowledge and application of important machine learning techniques for a given problem</li> <li>• Evaluation and assessment of classification results</li> </ul> <b>Methodological competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Research and discussion of current literature in the field of image processing and machine learning</li> <li>• Discussion and comparison of classifiers</li> </ul> <b>Social skills:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discuss and assess solution concepts in teams</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Image formats and grayscale transformation</li> <li>• Basic image processing techniques (filters, FFT, Hough transform, color spaces)</li> <li>• Morphological operations</li> <li>• Image segmentation</li> <li>• Classification and regression problems in machine learning</li> <li>• Machine learning techniques: Bayes classifier, support vector machines, artificial neuronal networks, deep learning methods</li> </ul>					
<b>Literaturhinweise</b> Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.					
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>		Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit	
<b>Aufbauende Module</b>					
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
		60h	90h	0h	150h



## 2.7. International Business

Modulkürzel	ECTS	Sprache	Art/Semester	Turnus
INB	5	englisch	Wahlpflichtmodul, siehe StuPO	Sommer- und Wintersemester
<b>Modultitel</b>				
International Business				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b>				
Intelligent Systems, Medical Devices - Research and Development				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b>				
Future employees and entrepreneurs need to understand the rudiments of international management, major features of the global economy, and how business is conducted in different societies. They should also be able to express themselves professionally in English - both orally and in writing.				
<b>Lernergebnisse</b>				
On successful completion of the module, seminar participants will have:				
<b>Subject Competence:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• a deeper understanding of international business</li> <li>• improved verbal and written presentation skills in English.</li> </ul>				
<b>Method Competence:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• an ability to see their technical subject and its consequences through the perspective of social science.</li> <li>• an ability to understand a wide range of demanding, longer texts, and recognise implicit meaning</li> <li>• an ability to use the English language flexibly and effectively for social, academic and professional purposes</li> <li>• an ability to manage overlapping influences of different areas in international business</li> <li>• overview of scientific research methods in order to take knowledgeable decisions when dealing with own research questions</li> </ul>				
<b>Social and Personal Competence:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• greater ability and confidence to discuss in English and to take part in teamwork and meetings.</li> <li>• greater ability to use English in oral presentations and in understanding academic research papers</li> </ul>				
<b>Inhalt</b>				
The course will reach the desired competencies by dealing with the following topics:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trade theories</li> <li>- International trade blocks and international economic institutions</li> <li>- (Corporate) Culture, Interculture and Intercultural Competence</li> <li>- International Business Strategies and Organization</li> <li>- International Marketing</li> <li>- Leadership in international business</li> <li>- Financial Management / Accounting and Controlling</li> <li>- Corporate Social Responsibility, ethics and compliance in international business</li> <li>- Case study / management simulation of international business</li> </ul>				
The module consists of lectures, mandatory presentations by the participants, additional reading preparations, current affairs discussions and a whole-day case study.				
Attendance and in-class participation are essential. The assessment is based on a written exam and an oral presentation, details are presented to all participants at the beginning of each semester. Please be advised that this type of assessment has been duly published in accordance with §28 (7) and §5 (3) of the study and examination regulations.				
<b>Literaturhinweise</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Griffin, Ricky W. / Pustay, Michael W.: <i>International Business. A Managerial Perspective</i>. USA/UK: Pearson, 2015.</li> <li>• Deresky, Helen: <i>International Management. Managing Across Borders and Cultures</i>. USA/UK: Pearson, 2014.</li> <li>• <i>The Economist</i>.</li> <li>• <i>Financial Times</i>.</li> <li>• Rugman, Alan M. / Collinson, Simon: <i>International Business</i>. USA/UK: Pearson, 2012.</li> <li>• Mead, Richard / Andrews, Tim G.: <i>International Management</i>. UK: Wiley, 2011.</li> <li>• Krugman, Paul R. / Obstfeldt, M. / Melitz, Marc J.: <i>International Economics. Theory and Policy</i>. USA/UK: Pearson, 2015.</li> <li>• Feenstra, Robert C. / Taylor, Alan M.: <i>International Economics</i>. USA: Worth Publishers / Macmillan, 2014.</li> <li>• <i>Harvard Business Review</i>.</li> <li>• Gallos, Joan V. (Ed.): <i>Business Leadership</i>. UK: Wiley, 2008.</li> <li>• <i>Diverse Journals (JBR, IMR ...)</i>.</li> </ul>				
Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.				
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (4 SWS)		



Modulhandbuch des Studiengangs  
Medical Devices - Research and  
Development, Master of Engineering  
(M.Eng.)

<b>Prüfungsform</b>	Klausur, Entwurf, Bericht		<b>Vorleistung</b>	
<b>Aufbauende Module</b>				
<b>Modulumfang</b>	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	90h	0h	150h



## 2.8. Navigation for Medical Interventions

<b>Modulkürzel</b> NMI	<b>ECTS</b> 5	<b>Sprache</b> deutsch	<b>Art/Semester</b> Wahlpflichtmodul, siehe StuPO	<b>Turnus</b> nur Wintersemester
<b>Modultitel</b> Navigation for Medical Interventions				
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Intelligent Systems, Medical Devices - Research and Development				
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> <p>Technical assistance systems, including applications of augmented reality (AR) enter our everyday life. Examples are navigation systems for cars or apps for mobile devices that can overlay virtual information to camera images. Medicine can also profit from these new technologies, for example diagnosis and treatment of patients can possibly be improved. However, the introduction of new technologies is challenging because of ethical and legal requirements. The goal of this lecture is to teach students about the basic components for navigation systems in medicine and about the main challenges regarding development and introduction of such systems into clinical practice. The course is complemented by a practical part (laboratory), in which students learn how to operate the required hardware and develop software for such systems.</p>				
<b>Lernergebnisse</b> <p>After passing the module, the students are able to:</p> <p><b>Professional skills:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain which technologies are required for a medical navigation system</li> <li>• perform calculations which are necessary for navigation, such as transformation of coordinates and principal component analysis</li> <li>• enumerate established tracking technologies and discuss their advantages and disadvantages</li> <li>• explain the operating principle of a navigation systems based on a practical example, such as a system for percutaneous needle insertions</li> <li>• name and discuss problems with translation of navigation systems to clinical practice</li> <li>• use software tools for programming prototypes of medical navigation systems</li> <li>• explain and use current technologies and design patterns for software development in the area of medical imaging and computer-assisted interventions</li> </ul> <p><b>Methodical expertise:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• open medical imaging data with a viewer software and visualize it in an appropriate way (e.g., volume visualization of sliced data), segment anatomical structures and plan a navigated medical intervention on a given example</li> <li>• use methods for software development in teams (version control, superbuild, continous integration, release cycle, cross-plattform development), teached on the example of the open source project Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK, <a href="http://www.mitk.org">www.mitk.org</a>)</li> <li>• contribute to a software project in the area of medical navigation systems or medical imaging</li> </ul> <p><b>Social and personal competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• discuss and rate given concepts in a team</li> <li>• work on a given problem in a team and present the solution</li> <li>• work on a software project in a team</li> </ul>				
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tracking technology for localization of medical instruments</li> <li>• medical imaging in the context of further processing to enable navigation during medical interventions</li> <li>• 3D reconstruction for the localization of anatomical structures</li> <li>• methods for planning of medical interventions</li> <li>• registration of medical imaging data to an intraoperative scene</li> <li>• visualization of imaging and planning data by using virtual and augmented reality</li> <li>• software development for navigated medical interventions</li> </ul>				
<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Peters and K. Cleary: <i>Image-Guided Interventions</i>. Springer, 2008.</li> <li>• E. Neri, D. Caramella und C. Bartolozzi: <i>Image Processing in Radiology: Current Applications (Medical Radiology / Diagnostic Imaging)</i>. Springer, 2008.</li> <li>• F. A. Jolesz: <i>Intraoperative Imaging and Image-Guided Therapy</i>. Springer, 2014.</li> <li>• W. Niederlag, H. U. Lemke, G. Strauß, H. Feußner: <i>Der digitale Operationssaal</i>. Walter de Gruyter, 2014.</li> </ul> <p>Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.</p>				
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)		
<b>Prüfungsform</b>		Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit
<b>Aufbauende Module</b>				



Modulhandbuch des Studiengangs  
Medical Devices - Research and  
Development, Master of Engineering  
(M.Eng.)

Modulumfang	Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
	60h	90h	0h	150h



## 2.9. Optical Systems in Medicine

<b>Modulkürzel</b> OPMED	<b>ECTS</b> 5	<b>Sprache</b> deutsch	<b>Art/Semester</b> Wahlpflichtmodul, siehe StuPO		<b>Turnus</b> nur Wintersemester
<b>Modultitel</b> Optical Systems in Medicine					
<b>Zuordnung zum Curriculum als Wahlpflichtmodul</b> Medical Devices - Research and Development					
<b>Einordnung und Bedeutung des Moduls bezogen auf die Ziele des Studiengangs</b> Optische Systeme haben insgesamt einen bedeutenden Anteil in der Medizintechnik. Darüber hinaus enthalten viele mechatronische und medizintechnische Geräte optische Komponenten oder Teilsysteme. Ziel der Veranstaltung ist es deshalb, den Studierenden die wesentlichen Kenntnisse wissenschaftlich fundiert zu vermitteln, die zur Entwicklung optischer Systeme in der Medizintechnik notwendig sind.					
<b>Lernergebnisse</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden					
<b>Fachkompetenz</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundlagen der technischen Optik anwenden</li> <li>• optische Strahlengänge und insbesondere optische Abbildungen mit Hilfe der geometrischen Optik und dem Optikdesign-Programm Zemax entwerfen, beschreiben, beurteilen und optimieren</li> <li>• die Wechselwirkungen des Laserlichts mit dem Gewebe und den Zusammenhang zur Lasersicherheit beschreiben und differenzieren</li> <li>• die Funktionsweise und den aktuellen technischen und wissenschaftlichen Stand wesentlicher optischer Systeme für die Medizintechnik (Mikroskope, Endoskope, Ophthalmologische Geräte, Lasersysteme) beschreiben</li> <li>• die inhaltlichen Voraussetzungen zur Funktion des Laserschutzbeauftragten</li> </ul>					
<b>Methodenkompetenz</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungsansätze zu optischen Problemen in der Mechatronik und in der Medizintechnik recherchieren, berechnen, entwickeln und bewerten</li> <li>• optische Strahlengänge und ihre wesentlichen Kenngrößen berechnen</li> <li>• Korrekturansätze bei Abbildungsfehlern auswählen und anwenden</li> <li>• Bestrahlungsparameter für Laseranwendungen erarbeiten und Handstücke für Lasersysteme entwerfen</li> <li>• die notwendigen Maßnahmen zur Lasersicherheit ermitteln und anwenden</li> </ul>					
<b>Sozial- und Selbstkompetenz</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• einzeln und in Kleingruppen Entwicklungsaufgaben vom Lösungsansatz bis zur Optimierung im Bereich der Technischen Optik durchführen</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					
<b>Der Erwerb der genannten Kompetenzen und Fähigkeiten erfolgt durch Behandlung folgender Themen:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der technischen Optik: Wellenoptik, Geometrische Optik, Materialien, Lichtleiter</li> <li>• Einführung in das Optikdesign / Zemax: Einführung, Grundlagen, Abbildungsfehler, Optimierung, optische Systeme</li> <li>• Laser in der Medizin: Grundlagen, Lasersysteme, Wechselwirkungen, Anwendungen, Lasersicherheit</li> <li>• Optische Systeme in der Medizin: (Operations-)Mikroskope, Endoskope, Anatomie / Optik des Auges, Geräte für die Ophthalmologie</li> </ul>					
Hinweis: Das Modul entspricht im Wesentlichen dem früheren Modul "Optische Systeme in der Medizin"					
<b>Literaturhinweise</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Optik</i>. Berlin: Springer, 1997.</li> <li>• <i>Optik</i>. Weinheim: Wiley-VCH, 2001.</li> <li>• <i>Optik für Ingenieure</i>. Berlin: Springer, 2008.</li> <li>• <i>Laser</i>. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008.</li> <li>• <i>Handbook of Optical Systems</i>. Weinheim: Wiley-VCH, 2009.</li> <li>• <i>Photonik</i>. Berlin: Springer, 2006.</li> <li>• <i>Introduction to lens design</i>. Willmann-Bell, 2001.</li> </ul>					
Weitere Literaturangaben erfolgen im Rahmen der jeweils aktuellen Durchführung der Veranstaltung.					
<b>Lehr- und Lernform</b>		Vorlesung (3 SWS), Labor (1 SWS)			
<b>Prüfungsform</b>		Klausur (90 min)	<b>Vorleistung</b>	Laborarbeit	
<b>Aufbauende Module</b>					
<b>Modulumfang</b>		Präsenzzeit	Selbststudium	Praxiszeit	Gesamtzeit
		60h	90h	0h	150h