

# MODULHANDBUCH UMWELTINGENIEURWESEN

## INHALTSVERZEICHNIS

Spezialisierung (Schwerpunkte) – eine ist zu wählen .....	3
Schwerpunkt Energie- und Umwelttechnik .....	3
Heat and Mass Transfer in Two Phase Flows.....	3
Elektrische Energie - Umwandlung, Speicherung, Verteilung .....	5
Nachhaltige Energiewirtschaft.....	7
Umwelt-Messtechnik Luft / Air Pollution Measurement Technology.....	9
Schwerpunkt Umwelt- und Prozesstechnik .....	13
Prozesssimulation .....	13
Energie- und umwelttechnische Prozessoptimierung .....	15
Angewandte verfahrenstechnische Simulation .....	17
Umwelt-Messtechnik Luft / Air Pollution Measurement Technology.....	19
Methoden (3 aus 5 sind zu wählen).....	23
Optimierung und Simulation.....	23
Versuchsplanung und -auswertung .....	25
Signal Processing for Mechanical and Process Engineering .....	28
Computational Fluid Dynamics (CFD) .....	30
Engineering Mathematics .....	32
Projekte F&E.....	34
Studienprojekt I (Forschung & Entwicklung) .....	34
Projektseminar .....	34
Engineering Conferences .....	36
Masterarbeit .....	38
Kolloquium .....	39
Studienverlaufsplan: Start Sommer .....	40
Studienverlaufsplan: Start Winter .....	41

### Abbreviations for English module descriptions:

sem. = semester

SoSe = summer semester; WiSe = winter semester

SWS = credit hours per week

IWI = International Industrial Engineering; UMI = Environmental Engineering; ME = Mechanical Engineering

## Spezialisierung (Schwerpunkte) – eine ist zu wählen

### Schwerpunkt Energie- und Umwelttechnik

<b>Heat and Mass Transfer in Two Phase Flows</b>				
<b>Module no.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Semester</b>	<b>Offered in</b>
	180 h	6	Sem. 1	Each SoSe
<b>Courses</b>		<b>Attendance</b>	<b>Self-study</b>	<b>Duration</b>
a) Lecture 2 SWS		60 h	120 h	1 sem.
b) Exercise 2 SWS				
<b>1</b>	<b>Learning outcomes / competences</b> After successful completion of the module, the students are capable of <ul style="list-style-type: none"> <li>• understanding the fundamentals of heat and mass transfer in two-phase flows</li> <li>• understanding the methods for the mathematical description of heat and mass transfer in two-phase flows</li> <li>• applying the learned material to solve basic problems in engineering applications with emphasis on gas-liquid and gas-solid two-phase flows encountered in heat exchange and combustion devices</li> <li>• communicating in English on the course subject.</li> </ul>			
<b>2</b>	<b>Contents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Review of important topics in single-phase flow, heat and mass transfer</li> <li>• Introduction to two-phase flows</li> <li>• Gas-liquid interfacial phenomena</li> <li>• Some basic definitions in two-phase flows</li> <li>• Two-phase flow patterns and flow maps</li> <li>• Homogeneous flow</li> <li>• Separated flow</li> <li>• The concept of drift-flux</li> <li>• Flooding in two-phase flow</li> <li>• Introduction to boiling, pool boiling</li> <li>• Critical heat-flux in boiling</li> <li>• Condensation</li> <li>• Gas-solid two-phase flows</li> <li>• Gas-liquid dispersed two-phase flows (sprays)</li> <li>• Turbulent combustion models for diffusion flames</li> <li>• Multi-dimensional field equations for describing two-phase flow in different regimes with phase coupling</li> <li>• Special topics and applications</li> </ul>			

<b>3</b>	<b>Teaching and learning formats</b> Lecture (Power point, overhead, blackboard), seminar, discussion, independent elaboration
<b>4</b>	<b>Prerequisites</b> <b>Formal prerequisites:</b> / <b>Subject-related prerequisites:</b> Thermodynamics, Fluid Mechanics, Heat Transfer
<b>5</b>	<b>Types of examination</b> Written examination, e-examination, or e-open-book-examination in English (in parts or in full multiple-choice, 90 min.), or oral examination (30 min.), independent elaboration. Applicable form of examination to be announced at the beginning of the course.
<b>6</b>	<b>Requirements for award of credits</b> Passed examination
<b>7</b>	<b>Module allocated to other study programmes</b> Part of UMI and IWI, elective course in ME
<b>8</b>	<b>Weighting for overall grade</b> 6/90
<b>9</b>	<b>Person responsible for the module and examiner(s)</b> Prof. Dr. Ali Cemal Benim
<b>10</b>	<b>Language of instruction</b> English
<b>11</b>	<b>Further information and recommended literature</b> M. Ishii, T. Hibiki, "Thermo-Fluid Dynamics of Two-Phase Flows", Springer.

<b>Elektrische Energie - Umwandlung, Speicherung, Verteilung</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung 2 SWS b) Übung 2 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 120 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungen an die zukünftige elektrische Energieversorgung abzuleiten und zu gewichten,</li> <li>• technische Entwicklungen zur Digitalisierung der Energiewirtschaft zu beschreiben,</li> <li>• vertiefte Kenntnisse des Aufbaus und der Auslegung von regenerativen Kraftwerken und deren Komponenten anzuwenden,</li> <li>• technische Komponenten des Netzbetriebs im Hinblick auf ihre Funktionsweise und Bedeutung für die Netzstabilität zu beschreiben und zu berechnen,</li> <li>• die Auswirkungen des zunehmenden Ausbaus erneuerbarer Energien auf den Netzbetrieb darzustellen sowie Maßnahmen abzuleiten und zu beurteilen und</li> <li>• die Rolle von Speichertechnologien zu untersuchen und einzuschätzen.</li> </ul>			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zukünftige nationale und globale Energieversorgungsstrukturen</li> <li>• Digitalisierung der Energiewirtschaft</li> <li>• Aufbau und Auslegung von regenerativen Kraftwerken</li> <li>• Elektrische Verteilsysteme / Netze und deren Komponenten</li> <li>• Systemdienstleistungen und Netzregelung</li> <li>• Netzstabilität</li> <li>• Speichertechnologien und Entwicklungspotential</li> </ul>			
<b>4</b>	<b>Lehr- und Lernformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Vorlesung</li> <li>b) Seminaristischer Unterricht und Übungen</li> </ul>			
<b>5</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Formal: Keine Inhaltlich: Inhalte der Bachelormodule (EUT) „Elektrische Energietechnik“ und „Energiewirtschaft, -speicherung und -verteilung, Kraftwerkstechnik“			
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klausurarbeit (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)</li> <li>• Ein Teil der Prüfung kann in Form eines Referats oder einer schriftlichen Ausarbeitung abgelegt werden</li> </ul>			

	Prüfungsform und -umfang wird zu Semesterbeginn festgelegt
<b>7</b>	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulprüfung
<b>8</b>	<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) IWI (EUT), UMI (EUT)
<b>9</b>	<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> 6/90
<b>10</b>	<b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr.-Ing. Franziska Schaubé
<b>11</b>	<b>Sprache</b> Deutsch / Englisch
<b>12</b>	<b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Veranstaltungsunterlagen verfügbar unter Moodle</li> </ul> Empfohlene Literatur (jeweils neueste Auflage): <ul style="list-style-type: none"> <li>• SCHWAB, A.: Elektroenergiesysteme – Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, Springer Vieweg</li> <li>• HEIER, S.: Windkraftanlagen – Systemauslegung, Netzintegration und Regelung, Springer Vieweg</li> <li>• STERNER, M. et al. (Hrsg.): Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, Springer Vieweg</li> </ul>

<b>Nachhaltige Energiewirtschaft</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung 1 SWS b) Seminar 3 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 120 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<p><b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b></p> <p>Nach dem Anwenden von wissenschaftlichen Grundlagentechniken wie Recherchieren oder Exzerpieren von Aufsätzen sollen die Inhalte im Seminar in Gruppendiskussionen verdeutlicht und begründet werden. Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Kenntnisse und Fähigkeiten erworben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie haben im Themenfeld komplexer Energiesysteme mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien eine wissenschaftliche Fragestellung entwickelt.</li> <li>• Sie können die Veränderungen von Energiesystemen hinsichtlich technischer, sozialer, politischer, ökonomischer und umweltrelevanter Faktoren bewerten.</li> <li>• Sie haben sich grundlegende Prinzipien zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Energiesystemen angeeignet und können diese unter Berücksichtigung der verschiedenen Wechselwirkungen anwenden.</li> <li>• Sie sind in der Lage, sich selbstständig wissenschaftsbasiert einer aktuellen energiepolitischen Fragestellung zu nähern, diese in Bezug zu anderen Fragestellungen zu setzen und darüber hinaus kontrovers mit ihren Abhängigkeiten zu diskutieren.</li> <li>• Sie sind in der Lage, aus der Fragestellung eine eigene Meinung und Stellungnahme zu entwickeln und diese in einer Diskussion zu vertreten.</li> </ul>			
<b>3</b>	<p><b>Inhalte</b></p> <p>Basierend auf den Grundlagen der Energiewirtschaft und des heutigen Energiesystems werden in der Vorlesung folgende Aspekte behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltigkeit und Transformation</li> <li>• Zukunftsszenarien für die Energiewende: Strom, Wärme, Mobilität</li> <li>• Nationale und europäische Energiepolitik</li> </ul> <p>Im Seminar werden tagesaktuelle energiepolitische Themen (z. B. Veränderungen in verschiedenen Sektoren der Energiewirtschaft, politische Entscheidungen oder Diskussionen, Wirkung des Einsatzes von innovativen Technologien, Relevanz gesellschaftlicher Trends auf die Energiewirtschaft) unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit aufgegriffen. Für die Themenauswahl können auch eigene Vorschläge der Studierenden berücksichtigt werden.</p>			
<b>4</b>	<p><b>Lehr- und Lernformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dozentenvortrag</li> <li>• Seminaristischer Unterricht</li> <li>• Gruppenarbeit</li> <li>• Gruppendiskussionen</li> </ul>			
<b>5</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>			

	<p>Formal: keine</p> <p>Inhaltlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapitel der Vorlesung Energiewirtschaft, -speicherung und -verteilung (Bachelor EUT): Energiehandel, Ressourcen, Klimapolitik</li> <li>• Vorlesungsinhalte Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien (Bachelor EUT)</li> </ul>
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Besondere Prüfungsform: Schriftliche Seminararbeit und/oder Gruppenkolloquium</li> <li>• Prüfungsform und Gewichtung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahme an Seminarterminen zur Präsentation und Diskussion von Zwischenergebnissen</li> <li>• Zwei schriftliche Kurzberichte der Zwischenergebnisse im Semester als Diskussionsgrundlage</li> <li>• Bestandene Modulprüfung</li> </ul>
<b>8</b>	<p><b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)</p> <p>Nur Bestandteil des UMI (EUT)</p>
<b>9</b>	<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>6/90</p>
<b>10</b>	<p><b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Franziska Schaubé</p>
<b>11</b>	<p><b>Sprache</b></p> <p>Deutsch</p>
<b>12</b>	<p><b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Heinrichs, G. Michelsen. Nachhaltigkeitswissenschaften, Springer Spektrum Berlin, 2014.</li> <li>• Aktuelle themenspezifische Literatur</li> </ul>

<b>Umwelt-Messtechnik Luft / Air Pollution Measurement Technology</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes WiSe / Each WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung / Lecture 2 SWS b) Übung (auch praktische Übungen) / Exercise (also with practical focus) 2 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 120 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<p><b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die physikalischen und chemischen Grundlagen für die Messung von gasförmigen Luftverunreinigungen und Aerosolen,</li> <li>• haben eingehende Kenntnisse über die verschiedenen Technologien und Messsysteme für gasförmige und Luftverunreinigungen und Aerosole,</li> <li>• haben eingehende Kenntnisse über unterschiedliche Anforderungen für die Messsysteme für Emissions- und Immissionsanwendungen,</li> <li>• kennen die wichtigsten Verfahrenskenngrößen für verschiedene Messverfahren,</li> <li>• verstehen, wie durch physikalische Randparameter Genauigkeit, Präzision und Quersensitivitäten der Messsysteme beeinflusst werden,</li> <li>• kennen die gesetzlichen Grundlagen für den Einsatz der verschiedenen Messverfahren und die gesetzlichen Grenzwerte für die wichtigsten Luftverunreinigungen,</li> <li>• haben eingehende Kenntnis über Messverfahren, wie sie von Behörden bzw. in der Forschung eingesetzt werden,</li> <li>• kennen Ausbreitungs- und Simulationsmodelle für Luftschadstoffe und verstehen, wie diese die Messtechnik unterstützen können,</li> <li>• haben die Fähigkeit, sich in neue Messverfahren für Luftverunreinigungen selbständig einzuarbeiten und Messaufgaben zu lösen,</li> <li>• können reale Messsituationen so analysieren, dass sie adäquates Mess-Equipment auswählen und einsetzen können und durch Projektmanagement ein Projektziel erreichen,</li> <li>• haben gelernt, wie Forschungsaufgaben der Umwelt-Messtechnik Luft analysiert und mit moderner Messtechnik gelöst werden können.</li> </ul> <p><b>Learning outcomes / competences</b></p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the physical and chemical fundamentals for the measurement of gaseous air pollutants and aerosols,</li> <li>• have deep knowledge of different technologies and measurement systems for gaseous air pollutants and aerosols,</li> </ul>			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• have deep knowledge for different requirements for measurement systems for emission measurements and the measurement of ambient air,</li> <li>• know the most important performance characteristics for different measurement techniques,</li> <li>• understand, how accuracy, precision and interferences of the measurement systems are influenced by physical parameters,</li> <li>• know the know the legislation for the use of different measurement techniques and the legal air pollution limit values for important air pollutants</li> <li>• have in-depth knowledge of measurement techniques, which are used by environmental agencies and in research</li> <li>• know dispersion- and simulation models for air pollutants and understand, how these can be used in addition to measurement techniques</li> <li>• have the capability and skill, to explore new measurement techniques and solve new measurement tasks without additional help</li> <li>• can analyse and manage real measurement tasks in an appropriate way of choosing the suitable measurement equipment and succeed in project management</li> <li>• have learned how research tasks of the air pollution measurement technology can be analysed and be solved with modern measurement technology.</li> </ul>
<p><b>3</b></p>	<p><b>Inhalte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische, chemische und spektroskopische Grundlagen für die Messtechnik</li> <li>• Messverfahren, wie sie in der Praxis und nach gesetzlichen Vorgaben der Luftschadstoffmessung eingesetzt werden.</li> <li>• Innovative Messverfahren, wie sie vom Labor für Umweltmesstechnik des FB4 eingesetzt und weiterentwickelt werden.</li> <li>• Messung meteorologischer Größen in Ergänzung zu Luftschadstoffmessungen und zur Bewertung von Luftschadstoff-Verteilungen</li> <li>• Simulations- und Ausbreitungsmodelle für Luftverunreinigungen</li> <li>• Fortgeschrittene Feinstaubmesstechnik</li> <li>• Gesetzliche Grundlagen, Richtlinien und Normen</li> <li>• Neuere Forschungsarbeiten des Labors für Umweltmesstechnik</li> </ul> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physical, chemical and spectroscopic fundamentals for the measurement technologies</li> <li>• Measurement technologies according to legislation and real world application</li> <li>• Innovative measurement technologies, as they are used by the HSD laboratory of environmental measurement techniques</li> <li>• Measurement of meteorological parameters in addition to air pollution measurements and for the assessment of air pollution distributions</li> <li>• Simulation- and dispersion models for air pollutants</li> <li>• Advanced aerosol measurement techniques</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Legislation, laws and standard</li> <li>• New research of the HSD laboratory for environmental measurement technologies</li> </ul>
<b>4</b>	<p><b>Lehr- und Lernformen</b></p> <p>Vorlesung, blended learning, multimedial, team teaching, digitale Didaktik Tools wie Pingo oder Padlet, seminaristischer Unterricht, Übungen in Projektgruppen, Exkursion</p> <p><b>Teaching and learning formats</b></p> <p>Lectures, blended learning, multimedial, team teaching, seminars, digital didactic tools e.g. Pingo or Padlet, exercises in project groups, excursions</p>
<b>5</b>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p> <p>Formal: /</p> <p>Inhaltlich: /</p> <p><b>Requirements for award of credits</b></p> <p>Formal requirements: /</p> <p>Subject-related requirements: /</p>
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsformen</b></p> <p>Klausurarbeit (60 Min.), 100%</p> <p><b>Type of Examination</b></p> <p>Written examination (60 min.), 100 %</p>
<b>7</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b></p> <p>Bestandene Modulprüfung</p> <p><b>Requirement for award of credits</b></p> <p>Passed examination</p>
<b>8</b>	<p><b>Verwendung des Moduls</b></p> <p>Bestandteil der Masterstudiengänge UMI und IWI</p> <p><b>Module allocated to other study programmes</b></p> <p>For master's programmes UMI and IWI</p>
<b>9</b>	<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote / Weighting for overall grade</b></p> <p>6/90</p>
<b>10</b>	<p><b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b></p> <p><b>Person responsible for the module and examiner(s)</b></p>

	Prof. Dr. Sascha Nehr
<b>11</b>	<p><b>Sprache</b></p> <p>Deutsch / Englisch nach Vereinbarung</p> <p><b>Language of instruction</b></p> <p>German / English by agreement</p>
<b>12</b>	<p><b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b></p> <p><b>Additional information and recommend literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialien und Veröffentlichungen des Labors für Umweltmesstechnik (siehe Homepage des HSD-Labors für Umweltmesstechnik UMT (siehe Homepage), materials and publications of the laboratory for environmental measurement technologies</li> <li>• Werner, C., Klein, V., Weber, K., Laser in der Umweltmesstechnik, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008</li> <li>• Schirmer, H., Kuttler, W., Löbel, J., Weber, K., Lufthygiene und Klima, VDI-Verlag, Düsseldorf, digitale online Ausgabe</li> <li>• Baumbach, G., Luftreinhaltung, Springer, Berlin, Heidelberg, 1994</li> <li>• Baumbach, G., Air Quality Control, Springer, Berlin, Heidelberg, 1996</li> <li>• Moussiopoulos, N., Air Quality in Cities, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2003</li> <li>• Hinds, W.C., Aerosol Technology, Wiley, New York, 1999</li> <li>• Kulkarni, P., Baron, P.A., Willeke, K., Aerosol Measurement, Wiley, New Jersey, 2011</li> <li>• Foken, T., Micrometeorology, Springer, Berlin, Heidelberg, 2017</li> <li>• Foken, T. Angewandte Meteorologie, Springer, Berlin, Heidelberg, 2016</li> <li>• Möller, D., Luft, de Gruyter, Berlin, New York, 2003</li> <li>• Wendisch, M., Brenguier, J.-L., (eds), Airborne Measurements for Environmental research, Wiley-VCH, Weinheim 2013</li> <li>• Platt, U., Stutz, J., Differential Optical Absorption Spectroscopy, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008</li> <li>• Wiegleb, G., Gasmesstechnik in Theorie und Praxis, Springer, Vieweg, 2016</li> </ul>

## Schwerpunkt Umwelt- und Prozesstechnik

<b>Prozesssimulation</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes SoSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung 2 SWS b) Übung 2 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 4 SWS / 60h	<b>Selbststudium</b> 120 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die grundlegenden Aspekte der Möglichkeiten und Grenzen von Prozesssimulationsmodellen und -programmen</li> <li>• wählen geeignete thermodynamische Stoffdatenmodelle anhand eines gegebenen Stoffsystems</li> <li>• teilen verfahrenstechnische Aufgabenstellungen in Module und setzen diese in ein Fließbild um</li> <li>• erstellen wichtige Grundoperationen in einem Prozesssimulationsprogramm und führen diese aus</li> <li>• extrahieren relevante Prozessdaten und -parameter aus der Fachliteratur und implementieren diese selbstständig in Modellen</li> <li>• führen eigenständige Parametervariationen und Prozessoptimierungen auf Basis der erstellten Modelle durch</li> <li>• bewerten Simulationsergebnisse auf Basis ihres verfahrenstechnischen Knowhows</li> </ul>			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Prozesssimulation</li> <li>• Einführung in eine Simulationssoftware</li> <li>• Überblick und Anwendung verschiedener thermodynamischer Modelle</li> <li>• Umgang mit thermodynamischen/chemischen Datenbanken</li> <li>• Auswahl und Umsetzung verfahrenstechnischer Grundoperationen</li> <li>• Ausführliche Beispielsimulationen (steady state):               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gaskühlung/-trennung</li> <li>○ Trocknung von Gasströmen</li> <li>○ Stofftrennung via Destillation/Rektifikation (Shortcut Destillation, SCDS Destillation, Zweidruckverfahren, Azeotroprektifikation)</li> <li>○ Reaktorsimulation (stöchiometrischer Reaktor, Gibbs-Reaktor, Gleichgewichtsreaktor)</li> <li>○ Kinetik-Reaktor und Katalyse</li> </ul> </li> <li>• Dynamische Simulation</li> </ul>			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detailauslegung: Wärmetauscher</li> </ul>
<b>4</b>	<b>Lehr- und Lernformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Seminaristischer Unterricht</li> <li>b) Selbstständige Umsetzung und Durchführung von Simulationen am Rechner in Gruppenarbeit</li> </ul>
<b>5</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Formal: Keine Inhaltlich: Kenntnis von insbesondere Thermische Verfahrenstechnik und Chemische Reaktionstechnik
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen</b> Besondere Prüfungsform / Semesteraufgabe: Modellierung und Simulation eines selbstgewählten technischen Prozesses inklusive Dokumentation (10-15 Seiten) und Vorstellung im Plenum (15-20 Min.)
<b>7</b>	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulprüfung
<b>8</b>	<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Bestandteil der Masterstudiengänge UMI (UPT) und IWI (UPT)
<b>9</b>	<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> 6/90
<b>10</b>	<b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Stefan Kaluza
<b>11</b>	<b>Sprache</b> Deutsch
<b>12</b>	<b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Vorlesungsskripte, Übungsaufgaben und weiterführenden Informationen unter Moodle</li> </ul> Empfohlene Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Schuler, <i>Prozesssimulation</i>, 1994, Wiley-VCH</li> <li>• A. Behr, D.W. Agar, J. Jörissen, A.J. Vorholt, <i>Einführung in die Technische Chemie</i>, 2016, Springer Verlag</li> <li>• M. Bearns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, K.-O. Hinrichsen, R. Palkovits, <i>Technische Chemie</i>, 2013, Wiley-VCH</li> <li>• K. Schwister, V. Leven, <i>Verfahrenstechnik für Ingenieure</i>, 2020, Carl Hanser Verlag</li> </ul>

<b>Energie- und umwelttechnische Prozessoptimierung</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung 2 SWS b) Übung 2 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 4 SWS / 60h	<b>Selbststudium</b> 120 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Die Studierenden können <ul style="list-style-type: none"> <li>• die wärmetechnische Optimierung von Verdampfungsprozessen durch Thermokompression berechnen</li> <li>• den Wirkungsgrad der Abwärmenutzung durch das ORC-Verfahren berechnen</li> <li>• die minimalen zu- und abzuführenden Wärmemengen verfahrenstechnischer Anlagen mittels der PINCH-Analyse zu berechnen.</li> <li>• verfahrenstechnische Anlagen bzgl. des optimalen Wärmetauschs auslegen</li> <li>• Energiemanagementsysteme (EMAS) auf verfahrenstechnische Prozesse anwenden</li> <li>• CO2-Bilanzen durchführen</li> </ul>			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufstellen von Massen- und Energiebilanzen industrieller Prozesse</li> <li>• Durchführung von PINCH-Analysen einfacher Prozesse</li> <li>• Anwendung von Energiemanagementsystemen</li> <li>• Bewertung von Dampfsystemen</li> <li>• Wärmerückgewinnungssysteme</li> <li>• ORC-Systeme</li> <li>• Wärmespeichersysteme</li> <li>• Emissionen von chemischen Grundoperationen</li> <li>• CO2-Bilanzierung</li> </ul>			
<b>4</b>	<b>Lehr- und Lernformen</b> a) Experimentalvorlesung b) Seminaristischer Unterricht und Übungen			
<b>5</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Formal: Keine Inhaltlich: Kenntnisse in Thermodynamik			
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen</b> Besondere Prüfungsform / Semesteraufgabe: Entwicklung und Bewertung einer energie- oder umwelttechnischen Optimierungsmaßnahme mit den Teilschritten			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitende Anwendung eines algorithmischen Vorgehens in Form der PINCH-Analyse – Anwendung auf ein vorgegebenes wärmetechnisches Problem und Abgabe von Berechnungsergebnisse und der dazugehörigen Kurven (Composite Curve, Grand Composite Curve) – Anteil 20 %</li> <li>• Eigenständige Auswahl und Bewertung einer Optimierungsmaßnahme inklusive Dokumentation (8-12 Seiten) und Vorstellung im Plenum (15-20 Min.) – Anteil 80%</li> </ul>
<b>7</b>	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulprüfung
<b>8</b>	<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Ist Bestandteil der Masterstudiengänge UMI (UPT) und IWI (UPT)
<b>9</b>	<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> 6/90
<b>10</b>	<b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr.-Ing. Philipp Fleiger
<b>11</b>	<b>Sprache</b> Deutsch
<b>12</b>	<b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungspräsentationen</li> <li>• BREF Energy Efficiency, Europäische Kommission</li> </ul>

<b>Angewandte verfahrenstechnische Simulation</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> Seminar 4 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 120 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können (insbesondere für verfahrenstechnische Problemstellungen) den Umfang und die Herausforderungen eines simulationstechnischen Projektes zu beurteilen und geeignete Methoden auszuwählen.</li> <li>Sie können mögliche Probleme und Einschränkungen bezüglich der verwendeten Methoden oder der verfügbaren Daten erkennen und bewerten.</li> <li>Sie erarbeiten sich im Laufe der Veranstaltung die Fähigkeit, bestehende Simulationstools und Modellkonzepte zu analysieren, um deren Eignung zu bewerten und mögliche Ansätze für die Erweiterung der Methoden zu identifizieren.</li> <li>Dabei werden grundlegende alle Aspekte einer Simulationsstudie betrachtet. Dies umfasst auch die Parametrierung und Validierung von Modellen, der Bewertung des Aufwands vor verfahrenstechnischen Messungen sowie die Auswertung und Bewertung von Ergebnissen.</li> <li>Durch die Betrachtung und Bewertung von Beispielen aus der industriellen Praxis und der anwendungsnahen Forschung erlangen die Studierenden erste Erfahrungen in der Anwendung der untersuchten Methoden.</li> <li>Die Studierenden verstehen zudem den grundlegenden Unterschied zwischen „klassischen“ chemisch-physikalischen und nicht-deterministischen, datengetriebenen Modellen basierend auf maschinellem Lernen. Sie können die Möglichkeiten und Einschränkungen der verschiedenen Konzepte grundlegend bewerten.</li> <li>Über die fachspezifischen Aspekte der Simulation und Modellbildung erlangen die Studierenden die Fähigkeit komplexe (verfahrens-)technische Systeme systematisch zu analysieren und in Teilprozesse zu gliedern.</li> </ul>			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Praktische Anwendung: Ausbildungssimulator für Zementwerke</li> <li>Systemanalyse von verfahrenstechnischen Prozessen</li> <li>Anwendung von Simulationstools in Zerkleinerungsprozessen</li> <li>Simulation von Hochtemperaturprozessen</li> <li>Parametrierung und Validierung von Modellen</li> <li>Planung und Durchführung von verfahrenstechnischen Messungen zur Validierung</li> <li>Bewertung von Simulationsergebnissen</li> <li>Potentiale von daten-basierten Modellen</li> </ul> <p>Als Anwendungsszenarien stehen verschiedene verfahrenstechnische Prozesse z. B. aus der Zementherstellung zur Auswahl, darunter messtechnisch schwer zugängliche Zerkleinerungs- und Hochtemperaturprozesse. Der Anwendungsschwerpunkt liegt primär auf Zerkleinerungsmodellen.</p>			

<b>4</b>	<p><b>Lehr- und Lernformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminaristischer Unterricht</li> <li>• Analyse, Anwendung, Aufbau und Parametrierung einfacher Modelle am Rechner</li> <li>• Exkursion (z. B. Technikumsanlagen in Forschungseinrichtungen, Zement- oder Mahlwerke zur Bewertung der messtechnischen Zugänglichkeit und zum Verständnis des realen Prozesses)</li> </ul>
<b>5</b>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p> <p>Formal: Keine</p> <p>Inhaltlich: Grundlagen der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik, Grundlagen Modellierung und Simulation, Informatik (grundlegende Programmierkenntnisse)</p>
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsformen</b></p> <p>Mündliche Prüfung (30 Min.)</p>
<b>7</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b></p> <p>Bestandene Modulprüfung</p>
<b>8</b>	<p><b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)</p> <p>Ist Bestandteil des UMI (UPT)</p>
<b>9</b>	<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>6 / 90</p>
<b>10</b>	<p><b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing Philipp Fleiger</p>
<b>11</b>	<p><b>Sprache</b></p> <p>Deutsch oder Englisch (abhängig von den Teilnehmenden)</p>
<b>12</b>	<p><b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsunterlagen in MOODLE</li> <li>• Haarmann / ECRA – Auswahl, Implementierung und Validierung von Modellierungskonzepten für die trockene Feinzerkleinerung</li> <li>• Cameron, Hangos – Process Modelling and Model Analysis</li> </ul>

<b>Umwelt-Messtechnik Luft / Air Pollution Measurement Technology</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes WiSe / Each WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Präsenzzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Dauer</b>
	a) Vorlesung / Lecture 2 SWS  b) Übung (auch praktische Übungen) / Exercise (also with practical focus) 2 SWS	4 SWS / 60 h	120 h	1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b>  Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die physikalischen und chemischen Grundlagen für die Messung von gasförmigen Luftverunreinigungen und Aerosolen,</li> <li>• haben eingehende Kenntnisse über die verschiedenen Technologien und Messsysteme für gasförmige und Luftverunreinigungen und Aerosole,</li> <li>• haben eingehende Kenntnisse über unterschiedliche Anforderungen für die Messsysteme für Emissions- und Immissionsanwendungen,</li> <li>• kennen die wichtigsten Verfahrenskenngrößen für verschiedene Messverfahren,</li> <li>• verstehen, wie durch physikalische Randparameter Genauigkeit, Präzision und Querempfindlichkeiten der Messsysteme beeinflusst werden,</li> <li>• kennen die gesetzlichen Grundlagen für den Einsatz der verschiedenen Messverfahren und die gesetzlichen Grenzwerte für die wichtigsten Luftverunreinigungen,</li> <li>• haben eingehende Kenntnis über Messverfahren, wie sie von Behörden bzw. in der Forschung eingesetzt werden,</li> <li>• kennen Ausbreitungs- und Simulationsmodelle für Luftschadstoffe und verstehen, wie diese die Messtechnik unterstützen können,</li> <li>• haben die Fähigkeit, sich in neue Messverfahren für Luftverunreinigungen selbständig einzuarbeiten und Messaufgaben zu lösen,</li> <li>• können reale Messsituationen so analysieren, dass Sie adäquates Mess-Equipment auswählen und einsetzen können und durch Projektmanagement ein Projektziel erreichen,</li> <li>• haben gelernt, wie Forschungsaufgaben der Umwelt-Messtechnik Luft analysiert und mit moderner Messtechnik gelöst werden können.</li> </ul> <b>Learning outcomes / competences</b> The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the physical and chemical fundamentals for the measurement of gaseous air pollutants and aerosols,</li> <li>• have deep knowledge of different technologies and measurement systems for gaseous air pollutants and aerosols,</li> </ul>			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• have deep knowledge for different requirements for measurement systems for emission measurements and the measurement of ambient air,</li> <li>• know the most important performance characteristics for different measurement techniques,</li> <li>• understand, how accuracy, precision and interferences of the measurement systems are influenced by physical parameters,</li> <li>• know the know the legislation for the use of different measurement techniques and the legal air pollution limit values for important air pollutants</li> <li>• have in-depth knowledge of measurement techniques, which are used by environmental agencies and in research</li> <li>• know dispersion- and simulation models for air pollutants and understand, how these can be used in addition to measurement techniques</li> <li>• have the capability and skill, to explore new measurement techniques and solve new measurement tasks without additional help</li> <li>• can analyse and manage real measurement tasks in an appropriate way of choosing the suitable measurement equipment and succeed in project management</li> <li>• have learned how research tasks of the air pollution measurement technology can be analysed and be solved with modern measurement technology.</li> </ul>
<p><b>3</b></p>	<p><b>Inhalte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische, chemische und spektroskopische Grundlagen für die Messtechnik</li> <li>• Messverfahren, wie sie in der Praxis und nach gesetzlichen Vorgaben der Luftschadstoffmessung eingesetzt werden.</li> <li>• Innovative Messverfahren, wie sie vom Labor für Umweltmesstechnik des FB4 eingesetzt und weiterentwickelt werden.</li> <li>• Messung meteorologischer Größen in Ergänzung zu Luftschadstoffmessungen und zur Bewertung von Luftschadstoff-Verteilungen</li> <li>• Simulations- und Ausbreitungsmodelle für Luftverunreinigungen</li> <li>• Fortgeschrittene Feinstaubmesstechnik</li> <li>• Gesetzliche Grundlagen, Richtlinien und Normen</li> <li>• Neuere Forschungsarbeiten des Labors für Umweltmesstechnik</li> </ul> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physical, chemical and spectroscopic fundamentals for the measurement technologies</li> <li>• Measurement technologies according to legislation and real world application</li> <li>• Innovative measurement technologies, as they are used by the HSD laboratory of environmental measurement techniques</li> <li>• Measurement of meteorological parameters in addition to air pollution measurements and for the assessment of air pollution distributions</li> <li>• Simulation- and dispersion models for air pollutants</li> <li>• Advanced aerosol measurement techniques</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Legislation, laws and standard</li> <li>• New research of the HSD laboratory for environmental measurement technologies</li> </ul>
<b>4</b>	<p><b>Lehr- und Lernformen</b></p> <p>Vorlesung, blended learning, multimedial, team teaching, digitale Didaktik Tools wie Pingo oder Padlet, seminaristischer Unterricht, Übungen in Projektgruppen, Exkursion</p> <p><b>Teaching and learning formats</b></p> <p>Lectures, blended learning, multimedial, team teaching, seminars, digital didactic tools e.g. Pingo or Padlet, exercises in project groups, excursions</p>
<b>5</b>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p> <p>Formal: /</p> <p>Inhaltlich: /</p> <p><b>Requirements for award of credits</b></p> <p>Formal requirements: /</p> <p>Subject-related requirements: /</p>
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsformen</b></p> <p>Klausurarbeit (60 Min.), 100%</p> <p><b>Type of Examination</b></p> <p>Written examination (60 min.), 100 %</p>
<b>7</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b></p> <p>Bestandene Modulprüfung</p> <p><b>Requirement for award of credits</b></p> <p>Passed examination</p>
<b>8</b>	<p><b>Verwendung des Moduls</b></p> <p>Bestandteil der Masterstudiengänge UMI und IWI</p> <p><b>Module allocated to other study programmes</b></p> <p>For master's programmes UMI and IWI</p>
<b>9</b>	<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote / Weighting for overall grade</b></p> <p>6/90</p>
<b>10</b>	<p><b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b></p> <p><b>Person responsible for the module and examiner(s)</b></p>

	Prof. Dr. Sascha Nehr
<b>11</b>	<p><b>Sprache</b></p> <p>Deutsch / Englisch nach Vereinbarung</p> <p><b>Language of instruction</b></p> <p>German / English by agreement</p>
<b>12</b>	<p><b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b></p> <p><b>Additional information and recommend literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialien und Veröffentlichungen des Labors für Umweltmesstechnik (siehe Homepage des HSD-Labors für Umweltmesstechnik UMT (siehe Homepage), materials and publications of the laboratory for environmental measurement technologies</li> <li>• Werner, C., Klein, V., Weber, K., Laser in der Umweltmesstechnik, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008</li> <li>• Schirmer, H., Kuttler, W., Löbel, J., Weber, K., Lufthygiene und Klima, VDI-Verlag, Düsseldorf, digitale online Ausgabe</li> <li>• Baumbach, G., Luftreinhalung, Springer, Berlin, Heidelberg, 1994</li> <li>• Baumbach, G., Air Quality Control, Springer, Berlin, Heidelberg, 1996</li> <li>• Moussiopoulos, N., Air Quality in Cities, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2003</li> <li>• Hinds, W.C., Aerosol Technology, Wiley, New York, 1999</li> <li>• Kulkarni, P., Baron, P.A., Willeke, K., Aerosol Measurement, Wiley, New Jersey, 2011</li> <li>• Foken, T., Micrometeorology, Springer, Berlin, Heidelberg, 2017</li> <li>• Foken, T. Angewandte Meteorologie, Springer, Berlin, Heidelberg, 2016</li> <li>• Möller, D., Luft, de Gruyter, Berlin, New York, 2003</li> <li>• Wendisch, M., Brenguier, J.-L., (eds), Airborne Measurements for Environmental research, Wiley-VCH, Weinheim 2013</li> <li>• Platt, U., Stutz, J., Differential Optical Absorption Spectroscopy, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008</li> <li>• Wiegleb, G., Gasmesstechnik in Theorie und Praxis, Springer, Vieweg, 2016</li> </ul>

## Methoden (3 aus 5 sind zu wählen)

Optimierung und Simulation				
Modulnr.	Workload	Credits	Studiensemester	Häufigkeit des Angebots
	180 h	6	2. Sem.	Jedes WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung 3 SWS b) Übung 2 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 5 SWS / 75 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Optimierungs- und Simulationsaufgaben im ingenieurwissenschaftlichen Kontext charakterisieren, typisieren und formulieren.</li> <li>• sind in der Lage Optimierungsalgorithmen der unrestringierten und restringierten Optimierung entsprechend der Problemstellung auszuwählen und reale Problemstellungen u.a. in MATLAB® zu lösen.</li> <li>• können ereignisdiskrete, zeitkontinuierliche und zufallsbasierte Simulationsmethoden algorithmisch u.a. in MATLAB® umsetzen und Simulationsergebnisse visualisieren und kritisch beurteilen.</li> </ul>			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> Optimierungs- und Simulationsaufgaben entspringen verschiedenster ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen. Beispiele für klassische Optimierungsaufgaben sind die Approximation von Funktionen für Finite-Elemente-Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen und Simulation mechanischer Systeme, die Regression von Datensätzen zur empirischen Analyse von Ursache-Wirkungs-Prinzipien, statistische Schätzungen zur bildbasierten Fehlererkennung in Produktionsanlagen, oder geometrische Fragestellungen wie die Berechnung kürzester Wegstrecken in der Navigation. Die mathematische Optimierungstheorie formuliert verschiedenste Problemstellungen in einen einheitlichen Rahmen, nämlich der Minimierung einer geeigneten Ziel- oder Gütefunktion unter möglicherweise gegebenen Randbedingungen. Beispiele Simulationsaufgaben sind die Nachbildung von technischen oder nichttechnischen Systemen im Computer, welche die Realität unter den Randbedingungen einer Aufgabenstellung möglichst genau oder schnell und mit der bestmöglichen Implementierung abbilden sollen, etwa die Simulation von Schüttgütern, Stausimulation und die Erzeugung von Sensordaten. Ziel von Computersimulationen ist u.a. reale Experimente zu vermeiden, weil diese zu gefährlich, zu kostenintensiv oder zu zeitintensiv sind. Optimierungs- und Simulationsaufgaben gehen i.d.R. ineinander über oder überlappen und verlangen ingenieurwissenschaftliches Fachwissen aus diversen Disziplinen. Um die multidisziplinären Inhalte zu vermitteln wird die Lehrveranstaltung durch Team-Teaching von zwei Professoren unter Einbindung anderen Experten durchgeführt. Der theoretische und praktische Teil wird während des Semesters variieren, so dass eine Schwerpunktverschiebung der Lehrveranstaltungsformen unerlässlich ist.			
<b>4</b>	<b>Lehr- und Lernformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vortrag mit Unterstützung von Präsentationstechniken für mathematisch/technische Inhalte.</li> </ul>			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktische Umsetzung von Verfahren in MATLAB® und Experimente mit             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Beispielaufgaben und</li> <li>○ praktischen Übungen mit Erläuterungen zur Theorie als auch Optimierungs- und Simulationsexperimenten am PC.</li> </ul> </li> </ul>
<b>5</b>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p> <p>Formal: Keine</p> <p>Inhaltlich: Allgemeine Ingenieurmathematik, Programmierkenntnisse in MATLAB®, Scilab, Octave oder Python sind erforderlich</p>
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulabschlussprüfung Die Prüfungsform (mündlich, schriftlich, Projektarbeit) wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt geben.</li> <li>• Freiwillige Prüfungsleistung: bis zu 20% der Modulabschlussprüfung als Bonuspunkte während der Übungen erreichbar.</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandene Modulprüfung</li> </ul>
<b>8</b>	<p><b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)</p> <p>Wahlpflichtmodul für die anderen Masterstudiengänge</p>
<b>9</b>	<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>6/90</p>
<b>10</b>	<p><b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Roland Reichardt, Prof. Dr.-Ing. André Stuhlsatz</p>
<b>11</b>	<p><b>Sprache</b></p> <p>Deutsch</p>
<b>12</b>	<p><b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b></p> <p>Vorlesungsfolien, Beispiele und Übungs- und Praktikumsunterlagen online verfügbar.</p> <p>Empfohlene Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stephen Boyd, Lieven vandenbergh, „Convex Optimization“, 2004, Cambridge University Press,</li> <li>• Carl Geiger, Christian Kanzow, „Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben“, 2002, Springer Verlag</li> <li>• Florian Jarre, Josef Stoer, „Optimierung“, 2004, Springer Verlag</li> <li>• Jun S. Liu, „Monte Carlo Strategies in Scientific Computing“, 2001, Springer Verlag</li> <li>• Carl Geiger, Christian Kanzow, „Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben.“,1999, Springer Verlag</li> </ul>

<b>Versuchsplanung und -auswertung</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	2. Sem.	Jedes WiSe
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung 2 SWS b) Übung 1 SWS c) Praktikum 2 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 5 SWS / 75 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Die Studierenden können <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parametervariationen und Optimierungsaufgaben bei praktischen Experimenten und Rechner-Simulationen zielorientiert und arbeitseffizient gestalten und damit den gewünschten Erkenntnisgewinn mit möglichst geringem Aufwand erreichen.</li> <li>• die Methoden bei der Analyse technischer Systeme und deren Vor- und Nachteile, insbesondere die Eigenschaften von DoE-Versuchsplänen, beschreiben und bewerten.</li> <li>• die einschlägigen Fachbegriffe erklären.</li> <li>• statistische Methoden bei der Planung und Durchführung von Experimenten und der Auswertung von Messergebnissen anwenden.</li> <li>• DoE-Versuchspläne in Abhängigkeit der gegebenen Untersuchungsrandbedingungen sachgerecht auswählen, ausgestalten, durchführen und auswerten, auch unter Zuhilfenahme einschlägiger Softwaretools wie STATISTICA.</li> </ul>			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Planung, Durchführung und Ausführung von Versuchen: Zufallsmethode, Einfaktormethode, Gitterlinienmethode, Simplex, EVOP, Statistische Versuchsplanung bzw. Design of Experiments (DoE) etc.</li> <li>• Statistik               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mittelwerte, Standardabweichung, Häufigkeitsverteilungen, Repräsentativität, Homoskedastizität, Ausreißer, Autokorrelation, Daten-Transformation</li> <li>○ streuende Messergebnisse bei Versuchen unter konstanten Randbedingungen, wahrer Wert an 1 Versuchspunkt, Konfidenzintervall, Vertrauensbereich</li> <li>○ wahre Differenz zwischen den streuenden Versuchsergebnissen an 2 Versuchspunkten, Rauschen, Vertrauensbereich der Effekte, Signifikanz</li> </ul> </li> <li>• Design of Experiments (DoE)               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arten von Versuchsplänen: voll- und teilfaktorielle Pläne ohne/mit Zentralpunkt, Blockbildung, Screening Pläne, zentral zusammengesetzte Pläne, Pläne mit kategoriellen und stetigen Einflussfaktoren, Latin Hypercube Designs</li> <li>○ Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchsplänen: Festlegung von Ziel- und Einflussgrößen und des Versuchsraums, Normierung der Einflussgrößen, Auswahl des Versuchsplans, randomisierte Durchführung der Versuche, Modellbildung (z. B. Regressionsfunktion, neuronale Netze, etc.), Signifikanz-</li> </ul> </li> </ul>			

	<p>prüfung, Anpassungsprüfung, Visualisierung der Ergebnisse (z. B. Wirkungsdiagramme, Konturlinien-Grafik), Polyoptimierung (z. B. Wunschfunktion, genetische Algorithmen) etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Handhabung und Nutzung einschlägiger Softwaretools (z. B. STATISTICA, Matlab) zur Unterstützung der Methodik</li> </ul>
<b>4</b>	<p><b>Lehr- und Lernformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Seminaristischer Unterricht (Diskussionen) und Rechenübungen</li> <li>• Beispielhafte Experimente und Simulationen</li> </ul>
<b>5</b>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen</b></p> <p>Formal: siehe Prüfungsordnung</p> <p>Inhaltlich: keine</p>
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsformen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulteilprüfung / Klausurarbeit (60 Min.) oder mündliche Prüfung (20 Min.); die Art der Prüfung wird zu Semesterbeginn festgelegt. Anteil an der Gesamtbewertung: 65%</li> <li>• Modulteilprüfung / selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung eines DoE-Versuchs (Experiment oder Simulation) und schriftliche Dokumentation der Ergebnisse. Anteil an der Gesamtbewertung: 35%.</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b></p> <p>Bestandene Modulprüfung</p>
<b>8</b>	<p><b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b></p> <p>Bestandteil des UMI (Methoden)</p> <p>Als Wahlfach in den Studiengängen ME und IWI</p>
<b>9</b>	<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b></p> <p>6/90</p>
<b>10</b>	<p><b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Mario Adam</p>
<b>11</b>	<p><b>Sprache</b></p> <p>Deutsch</p>
<b>12</b>	<p><b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• alle Veranstaltungsunterlagen (Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben etc.) sind unter moodle verfügbar</li> </ul> <p>Empfohlene Literatur (jeweils neueste Auflage):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KLEPPMANN, Wilhelm: Taschenbuch Versuchsplanung – Produkte und Prozesse optimieren, Hanser Verlag</li> <li>• SIEBERTZ, Karl et al.: Statistische Versuchsplanung – Design of Experiments (DoE), Springer Verlag</li> </ul>

- |  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• LIEBSCHER, Ulrich: Anlegen und Auswerten von technischen Versuchen - eine Einführung, Fortis-Verlag FH</li><li>• SCHEFFLER, Eberhard: Statistische Versuchsplanung und –auswertung – eine Einführung für Praktiker, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie</li><li>• BANDEMER, Hans et al.: Statistische Versuchsplanung, Teubner-Verlag</li></ul> |
|--|--|

<b>Signal Processing for Mechanical and Process Engineering</b>				
<b>Module no.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Semester</b>	<b>Offered in</b>
	180 h	6	Sem. 1/2	Each SoSe
<b>Courses</b>		<b>Attendance</b>	<b>Self-study</b>	<b>Duration</b>
a) Lecture 2 SWS		5 SWS / 75 h	105 h	1 Sem.
b) Practical Training 3 SWS				
<b>1</b>	<p><b>Learning outcomes / competences</b></p> <p>After successful completion of the module, the students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>analyse and verify signals in the time and frequency domain,</li> <li>know the advantages and disadvantages of different data acquisition systems (rms-voltmeter, sound boards versus AD converter),</li> <li>operate accelerometers, microphones, oscilloscopes and rms-voltmeter,</li> <li>distinguish between steady-state, transient and dynamic data,</li> <li>check self-designed programmes and circuits by simulations, e.g. verify overall levels in the time and frequency domain (Parseval theorem),</li> <li>distinguish between correlation measurement techniques in time and frequency domain and apply the concept of coherence, phase spectrum and time delay,</li> <li>apply mathematical formulations (e.g. of the Fourier principle and statistical methods),</li> <li>develop approaches and strategies to independently gather experimental data,</li> <li>establish concepts to relate signal components to its physical origin,</li> <li>reflect and generalise fundamental principles to transfer them to various experimental problems.</li> </ul>			
<b>2</b>	<p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Overview of the typical measurement principles for determining position, velocity, current, pressure, sound pressure and vibration</li> <li>Fundamental principles in signal processing (Fourier-, uncertainty- and symmetry principle)</li> <li>Data acquisition, including rudimentary concepts in signal processing</li> <li>Signal analysis in time and frequency domain including transfer operations (Parseval theorem)</li> <li>Advanced operations in signal processing (windowing, averaging, overlapping)</li> <li>Signal Conditioning, Digital Filtering (low-, high- and bandpass filtering, octave band analysis)</li> <li>Applications to aeroacoustics and vibroacoustics (rotating machinery, Campbell diagram)</li> <li>Correlation techniques in time and frequency domain (auto correlation, cross correlation, coherence, phase analysis)</li> </ul>			
<b>3</b>	<p><b>Teaching and learning formats</b></p>			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture with PC presentations, videos (In-house productions),</li> <li>• Practical training using provided hard- and software (e.g. DasyLab, Matlab, PAK)</li> </ul>
<b>4</b>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p><b>Formal prerequisites:</b> None</p> <p><b>Subject-related prerequisites:</b> Basics of data acquisition and numerical mathematics (e.g. fluid mechanics and acoustics from Bachelor programme of HSD)</p>
<b>5</b>	<p><b>Types of examination</b></p> <p>Final term paper at the end of the course (60% of the final grade).</p> <p>Study-accompanying practical work term papers (40% of the final grade) in groups of two (3/5 of the 40%) and as single work (written or oral) (2/5 of the 40%).</p>
<b>6</b>	<p><b>Requirements for award of credits</b></p> <p>Passed examination</p>
<b>7</b>	<p><b>Module allocated to other study programmes</b></p> <p>UMI, ME</p>
<b>8</b>	<p><b>Weighting for overall grade</b></p> <p>6/90</p>
<b>9</b>	<p><b>Person responsible for the module and examiner(s)</b></p> <p>Dr.-Ing. Till Biedermann/Prof. Dr.-Ing. Frank Kameier</p>
<b>10</b>	<p><b>Language of instruction</b></p> <p>English</p>
<b>11</b>	<p><b>Further information and recommended literature</b></p> <p>Lecture notes, presentation slides, software applications on moodle or stroemungsakustik.de</p> <p>Recommended literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Karrenberg, Ulrich, Signals, Processes, and Systems, An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing, 3rd edition, Berlin 2013.</li> <li>• Schmid, Hanspeter, How to use the FFT and Matlab's pwelch function for signal and noise simulations and measurements, FHNW/IME, August 2012 <a href="https://pdfs.semanticscholar.org/82f7/98aef6346a0e14bc52f0e4eca93a8f06ff27.pdf">https://pdfs.semanticscholar.org/82f7/98aef6346a0e14bc52f0e4eca93a8f06ff27.pdf</a></li> <li>• Hewlett Packard, The Fundamentals of Signal Analysis, Application Note 243, 1994 <a href="http://www.hpmemoryproject.org/an/pdf/an_243.pdf">http://www.hpmemoryproject.org/an/pdf/an_243.pdf</a></li> </ul>

<b>Computational Fluid Dynamics (CFD)</b>				
<b>Module no.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Semester</b>	<b>Offered in</b>
	180 h	6	Sem. 1/2	Each SoSe
<b>Courses</b>		<b>Attendance</b>	<b>Self-study</b>	<b>Duration</b>
a) Lecture 3 SWS		5 SWS / 75 h	105 h	1 Sem.
b) Exercise 1 SWS				
c) Practical Training 1 SWS				
<b>1</b>	<p><b>Learning outcomes / competences</b></p> <p>After successful completion of the module, the students are capable of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understanding the differential equations that describe the transport of momentum, heat and mass in the single-phase flow of Newtonian fluids as well as their boundary conditions.</li> <li>• understanding different physical flow states with corresponding mathematical and numerical implications.</li> <li>• understanding discretisation principles, gridding techniques and numerical solution procedures.</li> <li>• applying the learned material to solve technical flow problems, via a commercial CFD software, and analysing and evaluating the results competently.</li> <li>• communicating in English on the course subject.</li> </ul>			
<b>2</b>	<p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction</li> <li>• Continuum mechanics fundamentals</li> <li>• Governing equations</li> <li>• Simplifications of governing equations</li> <li>• Discretisation methods</li> <li>• Finite Volume Method (FVM) for diffusion problems in 1D</li> <li>• FVM for diffusion problems in 2D/3D</li> <li>• FVM for convection-diffusion problems</li> <li>• Higher order schemes for the convection terms</li> <li>• FVM for unsteady flows</li> <li>• Solution of the Navier-Stokes equations by FVM</li> <li>• FVM for unstructured grids</li> <li>• Introduction to turbulence modelling</li> <li>• Concluding remarks and guidelines for the solution of practical flow problems</li> </ul>			
<b>3</b>	<p><b>Teaching and learning formats</b></p> <p>Lecture (Power point, overhead, blackboard), seminar, discussion, independent elaboration</p>			
<b>4</b>	<p><b>Prerequisites</b></p>			

	<p><b>Formal prerequisites: /</b></p> <p><b>Subject-related prerequisites:</b> Thermodynamics, Fluid Mechanics, Heat Transfer, Mathematics</p>
5	<p><b>Types of examination</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Written examination in English (in parts or in full multiple-choice, 90 min.), or oral examination (30 min.), 80%</li> </ul> <p>Type of examination be announced at the beginning of the course</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical training with oral examination, 20%</li> </ul>
6	<p><b>Requirements for award of credits</b></p> <p>Passed examination</p>
7	<p><b>Module allocated to other study programmes</b></p> <p>ME</p>
8	<p><b>Weighting for overall grade</b></p> <p>6/90</p>
9	<p><b>Person responsible for the module and examiner(s)</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Ali Cemal Benim</p>
10	<p><b>Language of instruction</b></p> <p>English</p>
11	<p><b>Further information and recommended literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Hirsch, „Numerical Computation of Internal and External Flows, Volume I: Fundamentals of Discretization“, Wiley.</li> <li>• C. Hirsch, “Numerical Computation of Internal and External Flows, Volume I: Computational Methods for Inviscid and Viscous Flows“, Wiley.</li> </ul>

<b>Engineering Mathematics</b>				
<b>Module no.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Semester</b>	<b>Offered in</b>
	180 h	6	Sem. 1/2	Each SoSe
<b>1</b>	<b>Courses</b> a) Lecture 3 SWS b) Practical Training 2 SWS	<b>Attendance</b> 5 SWS / 75 h	<b>Self-study</b> 105 h	<b>Duration</b> 1 sem.
<b>2</b>	<p><b>Learning outcomes / competences</b></p> <p>The participants have</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a solid understanding of and scientific insight into the mathematical foundations of computational engineering, including numerical and algorithmic aspects of modern software tools.</li> <li>• the ability to <ul style="list-style-type: none"> <li>○ derive and extend basic numerical algorithms,</li> <li>○ implement, test and apply algorithms and numerical solution schemes in the context of engineering problems,</li> <li>○ identify, characterise and assess the computational performance of algorithmic and numerical problems.</li> </ul> </li> </ul> <p>The participants are familiar with</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the basic mathematics of computational methods</li> <li>• modelling issues and error sources of the computational models</li> <li>• the basic aspects of verification and validation and error control</li> </ul>			
<b>3</b>	<p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linear &amp; non-linear systems of equations (properties, numerical solution method, algorithmic aspects)</li> <li>• The engineering eigenvalue problem (algebraic properties, solution strategies, numerical solution methods and algorithmic aspects)</li> <li>• Numerical algorithms (numerical interpolation, numerical differentiation, numerical integration in 1D, 2D and 3D)</li> <li>• Algebra of relations (Boolean algebra, transitive closure), Graph theory (types of graphs and applications)</li> <li>• Paths in networks (path algebra, weighted graphs)</li> </ul>			
<b>4</b>	<p><b>Teaching and learning formats</b></p> <p>Flipped classroom including lecture, exercise, seminar, discussion + weekly feedback sessions (on site &amp; digital)</p>			
<b>5</b>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p><b>Formal prerequisites:</b> /</p> <p><b>Subject-related prerequisites:</b> Java (essential and necessary prerequisite) &amp; Matlab Programming Skills, Foundations of Engineering Mathematics and Mechanics</p>			

<p><b>6</b></p>	<p><b>Types of examination</b></p> <p>Assessment in two parts according to the following weighting for the final grade:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I. Worked and defended practical: 30% of the final grade</li> <li>II. Written exam (90 min.): 70% of the final grade</li> </ul> <p>The students must pass each of the two parts with a minimum of 50% of the used grading scheme. The practical involves software implementations as well as exercises with regard to the presented lecture content.</p>
<p><b>7</b></p>	<p><b>Requirements for award of credits</b></p> <p>Passed examination</p>
<p><b>8</b></p>	<p><b>Module allocated to other study programmes</b></p> <p>ME</p>
<p><b>9</b></p>	<p><b>Weighting for overall grade</b></p> <p>6/90</p>
<p><b>10</b></p>	<p><b>Person responsible for the module and examiner(s)</b></p> <p>Person responsible: dean; lecturer: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Ruess</p>
<p><b>11</b></p>	<p><b>Language of instruction</b></p> <p>English</p>
<p><b>12</b></p>	<p><b>Further information and recommended literature</b></p> <p>Lecture slides and lecture notes in form of a reader (partly) are provided</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boyd, S. and Vandenberghe, L. Introduction to Applied Linear Algebra, Cambridge University Press, 2018 (chapters 6-8)</li> <li>• Papula, L. Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Verlag Vieweg [in German]</li> </ul> <p><b>Advanced literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demmel, J. Applied Numerical Linear Algebra. SIAM, Philadelphia, 1997</li> <li>• Golub, G.H. and Van Loan, C. Matrix Computations. The Johns Hopkins, University Press, Baltimore, Maryland, 3. edition, 1996</li> </ul>

## Projekte F&E

<b>Studienprojekt I (Forschung &amp; Entwicklung)</b>				
<b>Projektseminar</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	180 h	6	1./2. Sem.	Jedes Sem.
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> Seminar 2 SWS	<b>Präsenzzeit</b> 2 SWS / 30 h	<b>Selbststudium</b> 150 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können das im Studium erlernte fachliche und methodische Wissen anwenden und erweitern.</li> <li>• wurden mit fachübergreifenden Fragestellungen, Erfahrung ziel- und terminorientierten Arbeitens im Team und damit Stärkung der sozialen Kompetenzen, Förderung des strukturierten und vernetzten Denkens, Außendarstellung und Präsentation konfrontiert.</li> </ul>			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> Selbstständige Bearbeitung einer konkreten, praxisnahen und motivierenden Aufgabenstellung aus den Gebieten Prozesstechnik, Energietechnik, Umwelttechnik, Produktion oder eines gebietsübergreifenden Themas im Rahmen von Arbeitsgruppen (min. 2 Studierende). Besondere Betonung liegt auf Teamarbeit, auf der Notwendigkeit, sich viele Daten und Unterlagen selbst beschaffen zu müssen und auf der Verpflichtung, die Ergebnisse schriftlich und mündlich zu präsentieren.			
<b>4</b>	<b>Lehr- und Lernformen</b> Einführende Vorstellung und Erläuterungen, Selbststudium, Teamarbeit, regelmäßige Betreuung und Diskussion mit den Dozentinnen und Dozenten			
<b>5</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Formal: / Inhaltlich: Fachbezogener Bachelor sowie die für das konkrete Projekt relevanten Teilmodule aus den Gebieten Prozess- Energie- und/oder Umwelttechnik, Managementtechniken, Produktion			
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen</b> Schriftliche Dokumentation der Projektarbeit, Präsentation, mündliche Prüfung			
<b>7</b>	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Teilnahme am Projekt sowie bestandene Präsentation der Ergebnisse			
<b>8</b>	<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Bestandteil aller Masterstudiengänge			
<b>9</b>	<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> 6/90			
<b>10</b>	<b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b>			

	Verschiedene
<b>11</b>	<b>Sprache</b> Deutsch / Englisch
<b>12</b>	<b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b> Spezielle Literatur wird je nach Aufgabenstellung empfohlen.

<b>Engineering Conferences</b>				
<b>Modul no.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Semester</b>	<b>Offered in</b>
30031	180 h	6	Sem. 2	Each sem.
<b>1</b>	<b>Courses</b>	<b>Attendance</b>	<b>Self-study</b>	<b>Duration</b>
	Seminar 4 SWS	4 SWS / 60 h	120 h	1 Sem.
<b>2</b>	<b>Learning outcomes / competences</b>			
	<p>Students who have passed the course</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• can effectively communicate in a scientific environment</li> <li>• can process their own research for presentation among experts in their own field of work and/or among a more general audience</li> <li>• can evaluate the content and quality of the work of other researchers</li> <li>• can identify relevant work of other researchers in relation to their own work and extract similarities and distinctions</li> <li>• can digest, condense, select and express information relevant to produce a thread of their own research</li> </ul> <p>can employ common techniques of producing a scientific paper and a scientific poster presentation</p>			
<b>3</b>	<b>Contents</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Group work on selected conference papers to train the technical understanding, recognition of structure, distillation of core content and critical review</li> <li>• Exercises in written documentation of scientific or technical work</li> <li>• Exercises in scientific (poster and oral) presentation</li> <li>• Discussion and assessment of scientific presentations</li> <li>• Tutorials and exercises in online search for relevant information in connection with publishing research at an international conference</li> <li>• The seminar is organised as a mock conference with abstract, paper and review deadlines and finishes with a poster session and short oral presentations</li> </ul>			
<b>4</b>	<b>Teaching and learning formats</b>			
	Seminar and small mock conference			
<b>5</b>	<b>Prerequisites</b>			
	<p>Formal prerequisites: None</p> <p>Subject-related prerequisites: None</p>			
<b>6</b>	<b>Types of examination</b>			
	<p>Special type of examination, consisting of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• submission of an abstract (5 %)</li> <li>• submission of a scientific paper – draft &amp; final version (35 %)</li> <li>• participation in review process (10 %)</li> </ul>			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poster preparation and presentation (50 %)</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Requirement for award of credits</b></p> <p>Passed examination</p>
<b>8</b>	<p><b>Module allocated to other study programmes</b></p> <p>Part of all master's programmes</p>
<b>9</b>	<p><b>Weighting for overall grade</b></p> <p>6/90</p>
<b>10</b>	<p><b>Person responsible for the module and examiner(s)</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Matthias Neef</p>
<b>11</b>	<p><b>Language of instruction</b></p> <p>English</p>
<b>12</b>	<p><b>Further information and recommended literature</b></p> <p>Course material available on moodle</p> <p>List of recommended literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alley, Michael (2013): The craft of scientific presentations. Critical steps to succeed and critical errors to avoid. Second edition. New York: Springer.</li> <li>• Alley, Michael (2014): The craft of scientific writing. 4. ed. New York, NY: Springer.</li> <li>• Cargill, Margaret; O'Connor, Patrick (2013): Writing scientific research articles. Strategy and steps. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell.</li> <li>• Hofmann, Angelika H. (2014): Scientific writing and communication. Papers, proposals, and presentations. 2. ed. New York, NY: Oxford Univ. Press.</li> <li>• Holst, Bodil: (2015): Scientific Paper Writing - A Survival Guide, CreateSpace Independent Publishing Platform, Bergen</li> </ul> <p>List of important/popular conferences within the scope of our master courses:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="http://icpr-eame.com">http://icpr-eame.com</a></li> <li>• CIRP Conference on Industrial Product Service Systems</li> <li>• ISES Solar World Congress</li> <li>• Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry conference (SHC)</li> <li>• ASME Turbo Expo ( <a href="https://www.asme.org">https://www.asme.org</a>)</li> </ul> <p>IEEE engineering publications: <a href="http://ieeexplore.ieee.org">http://ieeexplore.ieee.org</a></p>

<b>Masterarbeit</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	630 h	21	3. Sem.	Jedes Sem.
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> /	<b>Präsenzzeit</b> 0 SWS / 0 h	<b>Selbststudium</b> 630 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Die Kandidatinnen und Kandidaten sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein anspruchsvolles Problem aus ihrem Fach selbständig nach wissenschaftlichen Methoden auf hohem Niveau zu bearbeiten.			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> Die Abschlussarbeit dient zur Bearbeitung einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung mit einem festgelegten Umfang und in einem vorgegebenen Zeitraum (16 Wochen). Das Thema der Abschlussarbeit kann theoretischer oder experimenteller Natur sein und kann aus allen Lehr- und Forschungsgebieten des Fachbereichs stammen.			
<b>4</b>	<b>Lehr- und Lernformen</b> /			
<b>5</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Formal: Zur Master-Thesis kann zugelassen werden, wer alle Module bis auf maximal drei Module bestanden hat; die noch offenen Module müssen aus den Bereichen „Wahlpflichtfach“ (Electives), „Studienprojekt“ (Project R&D) oder „Engineering Conferences“ stammen. Inhaltlich: Keine			
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen</b> Die Abschlussarbeit ist eine schriftliche Prüfungsarbeit.			
<b>7</b>	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> /			
<b>8</b>	<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Bestandteil aller Masterstudiengänge			
<b>9</b>	<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> 21/90			
<b>10</b>	<b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b> Dekan, verschiedene Lehrende			
<b>11</b>	<b>Sprache</b> Deutsch / Englisch			
<b>12</b>	<b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b> Die Abschlussarbeit kann auch in der Forschungsabteilung eines Industrieunternehmens oder einer anderen wissenschaftlichen Einrichtung des Berufsfeldes durchgeführt werden, wenn sie dort ausreichend betreut werden kann.			

<b>Kolloquium</b>				
<b>Modulnr.</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Studiensemester</b>	<b>Häufigkeit des Angebots</b>
	90 h	3	3. Sem.	Jedes Sem.
<b>1</b>	<b>Lehrveranstaltungen</b> /	<b>Präsenzzeit</b> 0 SWS / 0 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Dauer</b> 1 Sem.
<b>2</b>	<b>Lernergebnisse (Learning outcomes) / Kompetenzen</b> Die Kandidat*innen sind befähigt, die Ergebnisse der Abschlussarbeit, ihre fachlichen Grundlagen, ihre fächerübergreifenden Zusammenhänge und ihre außerfachlichen Bezüge mündlich darzustellen, selbständig zu begründen, gegen Einwände zu verteidigen und ihre Bedeutung für die Praxis einzuschätzen.			
<b>3</b>	<b>Inhalte</b> Das Kolloquium ergänzt die Abschlussarbeit, wird als mündliche Prüfung durchgeführt und von den Prüferinnen und Prüfer der Abschlussarbeit gemeinsam abgenommen und bewertet. Das Kolloquium kann ein Kurzreferat der Studierenden zu den Inhalten und Ergebnissen der Abschlussarbeit beinhalten.			
<b>4</b>	<b>Lehr- und Lernformen</b> /			
<b>5</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Formal: Bestätigung einer mindestens ausreichenden Leistung in der Thesis durch die Prüferinnen und Prüfer Inhaltlich: Keine			
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen</b> Das Kolloquium ist eine mündliche Prüfung und dauert 45 Minuten.			
<b>7</b>	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> /			
<b>8</b>	<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Bestandteil aller Masterstudiengänge			
<b>9</b>	<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> 21/90			
<b>10</b>	<b>Modulbeauftragte*r und hauptamtlich Lehrende</b> Dekan, verschiedene Lehrende			
<b>11</b>	<b>Sprache</b> Deutsch / Englisch			
<b>12</b>	<b>Sonstige Informationen und Literaturangaben</b> /			

## Studienverlaufsplan: Start Sommer

Module	V	Ü	P	S	SWS	CP				Anzahl Prüfungen
							1	2	3	
							SS	WS	SS	
<b>Spezialisierung (Schwerpunkte)</b>										
<b>Schwerpunkt Energie- und Umwelttechnik</b>										
Heat and Mass Transfer in Two Phase Flows	2	2			4	6	6			1
Elektrische Energie - Umwandlung, Speicherung, Verteilung	2	2			4	6		6		1
Nachhaltige Energiewirtschaft	1			3	4			6		1
Umwelt-Messtechnik Luft/Air Pollution Measurement Technology	2	2			4	6		6		1
<b>Schwerpunkt Umwelt- und Prozesstechnik</b>										
Prozesssimulation	2	2			4	6	6			1
Energie- und umwelttechnische Prozessoptimierung	2	2			4	6		6		1
Angewandte verfahrenstechnische Simulation	2	2			4			6		1
Umwelt-Messtechnik Luft/Air Pollution Measurement Technology	2	2			4	6		6		1
<b>Methoden (3 aus 5 sind zu wählen)</b>										
Optimierung und Simulation	3	2			5	6		6		1
Versuchsplanung und -auswertung	2	1	2		5	6		6		2
Signal Processing for Mechanical and Process Engineering	2		3		5	6	6			2
Computational Fluid Dynamics (CFD)	3	1	1		5	6	6			2
Engineering Mathematics	3	1	1		5	6	6			2
<b>Projekte F&amp;E</b>										
Studienprojekt I (Forschung & Entwicklung) Projektseminar					2	2	6	6		1
Engineering Conferences				4	4	6			6	1
Masterarbeit					0	21			21	1
Kolloquium					0	3			3	1
<b>Wahlbereich</b>										
Wahlpflichtfach I				4	4	6	6			1
Wahlpflichtfach II oder Studienprojekt II (Forschung & Entwicklung)				4	4	6		6		1
						Summe Credits	30	30	30	
Summe Credits gesamt							90			

## Studienverlaufsplan: Start Winter

Module	V	Ü	P	S	SWS	CP				Anzahl Prüfungen
							1	2	3	
							WS	SS	WS	
<b>Spezialisierung (Schwerpunkte)</b>										
<b>Schwerpunkt Energie- und Umwelttechnik</b>										
Heat and Mass Transfer in Two Phase Flows	2	2			4	6		6		1
Elektrische Energie - Umwandlung, Speicherung, Verteilung	2	2			4	6	6			1
Nachhaltige Energiewirtschaft	1			3	4		6			1
Umwelt-Messtechnik Luft/Air Pollution Measurement Technology	2	2			4	6	6			1
<b>Schwerpunkt Umwelt- und Prozesstechnik</b>										
Prozesssimulation	2	2			4	6		6		1
Energie- und umwelttechnische Prozessoptimierung	2	2			4	6	6			1
Angewandte verfahrenstechnische Simulation	2	2			4		6			1
Umwelt-Messtechnik Luft/Air Pollution Measurement Technology	2	2			4	6	6			1
<b>Methoden (3 aus 5 sind zu wählen)</b>										
Optimierung und Simulation	3	2			5	6	6			1
Versuchsplanung und -auswertung	2	1	2		5	6	6			2
Signal Processing for Mechanical and Process Engineering	2		3		5	6		6		2
Computational Fluid Dynamics (CFD)	3	1	1		5	6		6		2
Engineering Mathematics	3	1	1		5	6		6		2
<b>Projekte F&amp;E</b>										
Studienprojekt I (Forschung & Entwicklung) Projektseminar						6		6		1
Engineering Conferences				4	4	6			6	1
Masterarbeit					0	21			21	1
Kolloquium					0	3			3	1
<b>Wahlbereich</b>										
Wahlpflichtfach I				4	4	6		6		1
Wahlpflichtfach II oder Studienprojekt II (Forschung & Entwicklung)				4	4	6	6			1
						Summe Credits	30	30	30	
Summe Credits gesamt								90		