

Modulhandbuch

Masterstudiengang

Umwelt- und Verfahrenstechnik

Environmental and Process Engineering



Foto: colourbox.de

Studienziele gemäß § 2

... der Studien- und Prüfungsordnung 2020:

Das konsekutive Masterstudium hat das Ziel, Absolventinnen und Absolventen von verfahrens-, umwelt-energie-technischen oder verwandten Bachelor-Studiengängen für eine herausgehobene Tätigkeit in Entwicklung, Projektierung und Betrieb in der Industrie zu qualifizieren.

Der Schwerpunkt der Studieninhalte zielt auf die gründliche Vertiefung der methodischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie auf den Erwerb von praxisorientiertem Spezialwissen. Darüber hinaus sollen selbständiges Arbeiten und fachübergreifendes Denken besonders gefördert werden. Neben der technischen und wissenschaftlichen Weiterqualifikation soll auch der zunehmenden Bedeutung betriebswirtschaftlicher, organisatorischer und sprachlicher Fachkenntnisse, der Teamarbeit und der Mitarbeiterführung Rechnung getragen werden. Durch die Wahl der Studienschwerpunkte (...) „Umwelttechnik“ (UT) bzw. „Energieverfahrenstechnik“ (ET) können die Studierenden das Studium gemäß ihren Neigungen und Berufswünschen gestalten.

... der Studien- und Prüfungsordnung 2025:

Das Masterstudium im Studiengang Umwelt- und Verfahrenstechnik hat das Ziel, Absolventinnen und Absolventen von verfahrens-, umwelt-, energie-technischen oder verwandten Bachelor-Studiengängen für eine herausgehobene Tätigkeit in Entwicklung, Projektierung und Betrieb in der Industrie zu qualifizieren. Der Schwerpunkt der Studieninhalte zielt auf die gründliche Vertiefung der methodischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie auf den Erwerb von praxisorientiertem Spezialwissen.

Neben der technischen und wissenschaftlichen Weiterqualifikation soll auch der zunehmenden Bedeutung betriebswirtschaftlicher und organisatorischer Fachkenntnisse, der Teamarbeit und der Mitarbeiterführung Rechnung getragen werden. Durch das Belegen von spezifischen Wahlpflichtmodulen, insbesondere aus dem verfahrens-, umwelt- oder energie-technischen Bereich, können die Studierenden das Studium gemäß ihren Neigungen und Berufswünschen gestalten.

Inhaltsverzeichnis

Fachwissenschaftliche Module	4
_ Energieerzeugung	6
_ Verfahren	9
_ Umwelttechnik Wasser / Luft	12
_ Energienutzung / -speicher	16
_ Apparate	21
_ Umwelttechnik Ressourcen / Rohstoffe	24
Fluidmechanik / CFD	27
Wahlpflichtmodule aus Master FMV	30
Planspiel	32
Anlagenplanung und Sicherheitstechnik	34
Regel- und Prozessleittechnik	37
Prozessmodellierung und Simulation	40
Schlüsselkompetenzen	42
Wirtschaft und Management	45
Masterarbeit	48

Curriculum / Regelstudienzeit (vgl. § 4 der jeweiligen Studien- und Prüfungsordnung)

Vollzeit-Studium: 3 Semester

Teilzeit-Studium: max. 6 Semester

SPO 2020: Abkürzungsverzeichnis

Modulnummer-E: Schwerpunkt „Energieverfahrenstechnik“ (ET)

Modulnummer-P: Schwerpunkt „Prozesstechnik“ (PT)

Modulnummer-U: Schwerpunkt „Umwelttechnik“ (UT)

Modul	Fachwissenschaftliche Module
Modulnummer	A-E, A-P, A-U sowie B-E, B-P, B-U (gemäß SPO 2020) WP-MMU (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	<u>SPO 2020</u> Es sind zwei Module gemäß dem gewählten Schwerpunkt als Pflichtmodule zu belegen: • Schwerpunkt „Energieverfahrenstechnik“: A-E (Energieerzeugung) und B-E (Energienutzung / -speicher) • Schwerpunkt „Prozesstechnik“: A-P (Verfahren) und B-P (Apparate) • Schwerpunkt „Umwelttechnik“: A-U (Umwelttechnik Wasser / Luft) und B-U (Umwelttechnik Ressourcen / Rohstoffe) Entsprechend Modul D (Wahlpflichtmodule) kann ein Modul, das nicht dem gewählten Schwerpunkt zugeordnet ist, als Wahlpflichtmodul belegt werden. <u>SPO 2025</u> Es sind zwei Module aus dem Wahlpflichtmodulkatalog zu wählen.
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	<u>SPO 2020</u> Profilbildend als • Pflichtmodul im gewählten Schwerpunkt • Wahlpflichtmodul (siehe Modul D) in einem nicht als Schwerpunkt gewählten Bereich <u>SPO 2025</u> Der Modulkatalog bietet die Möglichkeit zur Profilbildung in einem der folgenden Bereiche: • Energieverfahrenstechnik • Umwelttechnik • Prozesstechnik Näheres siehe jeweilige Modulbeschreibung.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Entsprechend der gewählten Module.
Arbeitsaufwand	Gesamtaufwand: 360 h
Credit Points (CP)	12

Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • ein ausgewähltes Fachgebiet in seiner Breite und Tiefe zu kennen. <u>Fertigkeiten:</u> • innerhalb des ausgewählten Fachgebiets auf Basis des angeeigneten Wissens geeignete Problemlösungen finden zu können. <u>Kompetenz:</u> • innerhalb des ausgewählten Fachgebiets eigenständig arbeiten und Verantwortung übernehmen zu können • selbständig wissenschaftlich zu arbeiten.
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.

Modul	_ Energieerzeugung
Modulbezeichnung engl.	<i>Energy Production</i>
Modulnummer	A-E (gemäß SPO 2020) A-E.WP (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Kraftwerktechnik Brennstoffzellentechnik und Wasserstofftechnologie
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich, Dr. rer. nat. Wolfgang Spiegel, Dr. Mauritius Hiller
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	<u>SPO 2020</u> Profilbildend als • Pflichtmodul im Schwerpunkt „Energieverfahrenstechnik“ • Wahlpflichtmodul (siehe Modul D) in den Schwerpunkten „Prozesstechnik“ und „Umwelttechnik“ <u>SPO 2025</u> Das Modul ist ein Wahlpflichtmodul mit Möglichkeit zur Profilbildung im Bereich „Energieverfahrenstechnik“.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU, Ü: 6 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse der Thermodynamik, der Wärmeübertragung und der Energietechnik
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • Energieformen und -umwandlungsschritte wiederzugeben. • klimaneutrale Brennstoffe hinsichtlich Besonderheiten und Einsatzgebieten zu identifizieren. • die Wirkungsweise von Brennstoffzellen und ausgewählter Anwendungen kohlenstoffarmer Energieumwandlungstechnologien zu benennen.

- die Prozesskette von der Wasserstoffherstellung, -transport bis zur Wasserstoffspeicherung zu skizzieren.
- ausgewählte Verfahren der Energieerzeugung und deren Merkmale zu benennen.
- primäre Energieformen und Umwandlungsschritte wiederzugeben.

Fertigkeiten:

- thermische Prozesse in der Energie- und Kraftwerkstechnik zu differenzieren.
- Werkstoffe für Kraftwerke beim Einsatz klimaneutraler Brennstoffe zu klassifizieren.
- die Brennstoffzellentechnik zu erklären.
- die Technologie der Erzeugung und Verwendung von Wasserstoff zu beschreiben.
- energieverfahrenstechnische Prozesse zu beschreiben und zu unterscheiden.
- grundlegende Berechnungen und Auslegungen vorzunehmen.

Kompetenzen:

- Anlagen zur Verwertung und thermischen Behandlung von klimaneutralen Brennstoffen zu vergleichen.
- eigenständig thermische Prozesse in der Energie- und Kraftwerkstechnik zu bewerten.
- Brennstoffzellen zu berechnen und verschiedene Arten zu vergleichen.
- Laborversuche mit Brennstoffzellen zu planen und zu realisieren.
- energieverfahrenstechnische Anlagen zu vergleichen sowie ökonomisch und ökologisch zu bewerten.
- energieverfahrenstechnische Prozesse zu berechnen.

Inhalt Kraftwerkstechnik

- Energie (Energieformen, -umwandlung, Märkte/Strukturen)
- Thermische Prozesse in der Energie- und Kraftwerkstechnik
- Klimaneutrale Brennstoffe (Besonderheiten und Einsatz)
- Kraftwerke (vom Brennstoff zum Abgas, vom Brennstoff zur Nutzenergie)
- Werkstoffe für Kraftwerke beim Einsatz klimaneutraler Brennstoffe (insbesondere Korrosionsschutz)
- Arbeitsgebiete für Ingenieure und Gutachter
- Bauarten und Anwendungen von Anlagen zur Verwertung und thermischen Behandlung von klimaneutralen Brennstoffen
- Berechnung der Prozesse

Brennstoffzellentechnik und Wasserstofftechnologie

- Überblick über die Brennstoffzellentechnik
- Bauarten von Brennstoffzellen und deren Einsatzgebiete
- Herstellung, Transport, Speicherung und Verwendung von Wasserstoff
- Laborversuch Brennstoffzelle
- Bauarten und Anwendungen von Brennstoffzellen
- Wasserstoffherstellung, -transport, -speicherung
- Berechnung von Brennstoffzellen

Studien- und Prüfungsleistungen

Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.

Medienformen	Tafelvortrag, Präsentation mit Laptop/Beamer/digitale Lehr- und Lernformen, Overhead bzw. Dokumentenkamera, Laboreinrichtung und Skript
Literatur	<u>Kraftwerktechnik</u> • Thome-Kozmiensky, K. J. et al.: Energie aus Abfall. Bände 12 bis 16. TK Verlag. Berlin 2015-2019. • Beckmann, M.; Hurtado, A.: Kraftwerkstechnik. Bände 6 bis 10. TK Verlag. Berlin 2014-2018. <u>Brennstoffzellentechnik und Wasserstofftechnologie</u> • Reich, G.; Reppich, M.: Regenerative Energietechnik. Springer Vieweg. • Kurzweil, P.: Brennstoffzellentechnik. Springer Vieweg. • Töpler, J.; Lehmann, J. (Hrsg.): Wasserstoff und Brennstoffzelle. Springer Vieweg. • Schmidt, T.: Wasserstofftechnik. Hanser.

Modul	_ Verfahren
Modulbezeichnung engl.	<i>Process Unit Operations</i>
Modulnummer	A-P (gemäß SPO 2020) A-P.WP (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Thermische und mechanische Verfahren Chemische Verfahren
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Osterland
Dozent	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Osterland, Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	<u>SPO 2020</u> Profilbildend als • Pflichtmodul im Schwerpunkt „Prozesstechnik“ • Wahlpflichtmodul (siehe Modul D) in den Schwerpunkten „Energieverfahrenstechnik“ und „Umwelttechnik“ <u>SPO 2025</u> Das Modul ist ein Wahlpflichtmodul mit Möglichkeit zur Profilbildung im Bereich „Prozesstechnik“.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU: 4 SWS, Ü: 2 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Chemie, Reaktionstechnik, Thermodynamik und Strömungsmechanik; Grundlegende Kenntnisse der mechanischen, thermischen und chemischen Verfahrenstechnik

Angestrebte Lernergebnisse Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage,
Kenntnisse:

- Phasengleichgewichte GLE und LLE zur Berechnung thermischer Grundoperationen mittels thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten auszudrücken.
- ausgewählte physikalische Trennprinzipien sowie Trennapparate mathematisch und physikalisch zu beschreiben.
- wesentliche Teilschritte bedeutender großtechnischer Synthesen zu benennen und zu beschreiben,
- Reaktionen anhand chemischer Gleichungen und des Massewirkungsgesetzes zu beschreiben,
- Katalysatoren zu klassifizieren und deren grundlegende Funktionsweise wiederzugeben.
- ausgewählte Verfahren, Apparate und Anlagen verschiedener verfahrenstechnischer Disziplinen zu beschreiben.
- zugehörige wirtschaftliche und rechtliche Randbedingungen zu benennen.

Fertigkeiten:

- Energie- und Stoffbilanzen von Gegen- und Gleichstromapparaten aufzustellen.
- Short-cut-Methoden zur Auslegung von Apparaten zur Trennung von Gas- und Flüssigkeitsgemischen anzuwenden.
- mit Dreiecksdiagrammen zur Behandlung ternärer Gemische umzugehen und auf die Apparateauslegung anzuwenden.
- Stoff- und Energiebilanzen chemischer Reaktionen auf technische Prozesse zu übertragen und anzuwenden,
- thermodynamische und kinetische Modelle zur Beschreibung chemischer Produktionsprozesse anzuwenden,
- Wirkmechanismen von Katalysatoren, deren Deaktivierung und Regeneration auf ausgewählte Reaktionen anzuwenden.
- Bilanzmodelle zu ausgewählten chemischen Verfahren, Anlagen und Apparaten zu erstellen.

Kompetenzen:

- Trennprozesse GLE und LLE auszuwählen, zu berechnen und zu bewerten.
- Maßnahmen zur Prozessintensivierung umzusetzen und zu bewerten.
- geeignete Prozessparameter zur Optimierung chemischer Umsätze und Selektivitäten auszuwählen,
- verschiedene Rohstoffquellen und Syntheserouten zur Herstellung eines Zielproduktes vergleichend zu bewerten,
- geeignete Maßnahmen zur Prozessintensivierung chemischer Verfahren auszuwählen,
- chemische Produktionsverfahren grundlegend auszulegen, inklusive notwendige Eduktvorbehandlungen und Produktaufbereitung.
- Ergebnisse zur Berechnung von Apparaten darzustellen und zu beurteilen.
- Entscheidungen über einen effizienten Umgang mit Rohstoffen und Energie zu treffen.

Inhalt Thermische und mechanische Verfahren

- Rektifikation von Mehrstoffgemischen
 - Absorption und Desorption
-

	• Flüssig-Flüssig-Extraktion • Intensivierung von thermischen Trennverfahren zur Energieeinsparung <u>Chemische Verfahren</u> • Bilanzierung von Stoff- und Energieumsetzungen chemischer Verfahren • chemische Thermodynamik und Kinetik sowie Katalyse • Einfluss von Prozessparametern auf Umsatz und Selektivität • reaktionstechnische Beschreibung und beispielhafte Auslegung ausgewählter großtechnischer Produktionsprozesse • Optimierung und Prozessintensivierung chemischer Verfahren
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Präsentation mit Laptop/Beamer/digitale Lehr- und Lernformen, Skriptum, Technikumanlage (Rührkesselreaktor mit Prozessleitsystem)
Literatur	<u>Thermische und mechanische Verfahren</u> • Sattler, K.; Adrian, T.: Thermische Trennverfahren. Wiley-VCH. • Sattler, K.: Thermische Trennverfahren. Wiley-VCH. • Mersmann, A.; Kind, M.; Stichlmair, J.: Thermische Verfahrenstechnik. Springer. • Gmehling, J.; Brehm, A.: Lehrbuch der Technischen Chemie. Band 2. Wiley-VCH. • Benitez, J.: Principles and Modern Applications of Mass Transfer Operations. Wiley. • Goedecke, R. (Hrsg.): Fluidverfahrenstechnik. Wiley-VCH. <u>Chemische Verfahren</u> • Hagen, J.: Chemiereaktoren: Auslegung und Simulation. 2. Aufl. Wiley-VCH. Hoboken 2017. • Baerns, M.; Behr, A.; Brehm, A. et al.: Technische Chemie. Wiley-VCH. Weinheim 2013. • Hertwig, K.; Martens, L.; Hamel, C.: Chemische Verfahrenstechnik: Berechnung, Auslegung und Betrieb chemischer Reaktoren. 3. Aufl. De Gruyter Oldenbourg. München 2018. • Güttel, R.; Turek, T.: Chemische Reaktionstechnik. Springer Spektrum. Berlin 2021.

Modul	_ Umwelttechnik Wasser / Luft
Modulbezeichnung engl.	<i>Environmental Technology: Water / Air</i>
Modulnummer	A-U (gemäß SPO 2020) A-U.WP (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Luftreinhaltung Wassertechnologie
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Osterland
Dozent	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Osterland; N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, Schwerpunkt „Umwelttechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	<u>SPO 2020</u> Profilbildend als • Pflichtmodul im Schwerpunkt „Umwelttechnik“ • Wahlpflichtmodul (siehe Modul D) in den Schwerpunkten „Energieverfahrenstechnik“ und „Prozesstechnik“ <u>SPO 2025</u> Das Modul ist ein Wahlpflichtmodul mit Möglichkeit zur Profilbildung im Bereich „Umwelttechnik“.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU: 4 SWS, Ü: 2 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse der chemischen, mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik sowie des Umweltrechts und des Immissionsschutzes

Angestrebte Lernergebnisse Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage,

Kenntnisse:

- rechtliche Grundlagen (BImSchG, TA Luft, immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren) zu benennen.
- verschiedene Verfahren und Prozesse zur Abgas- und Rauchgasreinigung wiederzugeben.
- wesentliche Treibhausgase und deren Hauptquellen zu benennen.
- rechtliche Grundlagen (Wasserhaushaltsgesetz, Trinkwasserverordnung, Abwasserverordnung, wasserrechtliches Genehmigungsverfahren, etc.) zu benennen.
- chemische Prozesse zur Wassertechnologie aufzuzählen.
- rechtliche Grundlagen des Immissionsschutzes und den Zusammenhang zwischen Emission und Immission wiederzugeben.
- wesentliche Schadstoffe für Luft und Wasser sowie Technologien zur Emissionsminderung zu benennen.

Fertigkeiten:

- rechtliche Grundlagen zu beurteilen und in die Entscheidungsfindung bezüglich Emissionsminderungsmaßnahmen mit einzubeziehen.
- verfahrenstechnische Zusammenhänge unter realen Rahmenbedingungen auf Luftemissionen zu übertragen.
- die Auswirkung der äußeren Ausbreitungsbedingungen auf die Immission verschiedener Schadstoffe zu beurteilen.
- CO₂-Äquivalent-Emissionen verschiedener Prozesse zu berechnen.
- rechtliche Grundlagen (Wasserhaushaltsgesetz, Trinkwasserverordnung, Abwasserverordnung, wasserrechtliches Genehmigungsverfahren, etc.) zu beurteilen und in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen.
- spezielle Verfahren der Wasser- und Abwasserbehandlung in der Umwelttechnik zu gebrauchen.
- rechtliche Grundlagen zu beurteilen und in die Entscheidungsfindung bezüglich Emissionsminderungsmaßnahmen mit einzubeziehen.
- geeignete Emissionsminderungsmaßnahmen für Luftschadstoffe inkl. Treibhausgase und Wasserschadstoffe zu identifizieren.

Kompetenzen:

- geeignete Technologien bzw. Technologiekombinationen zur Emissionsreduktion auszuwählen und Verfahrensalternativen zu beurteilen.
 - selbstständig Abgasreinigungsanlagen auszulegen und rechnerisch zu beurteilen.
 - angemessene Maßnahmen bei Nichteinhaltung von Grenzwerten zu entwickeln.
 - Bilanzierungsrechnungen zur Beurteilung der Grenzwerteinhaltung und Auslegung von Verfahren durchzuführen.
 - selbstständig Abwasserreinigungsanlagen und Wasseraufbereitungsanlagen auszulegen und rechnerisch zu beurteilen.
 - wissenschaftlich fundierte Entscheidungen hervorzubringen, auch auf der Grundlage unvollständiger oder begrenzter Informationen.
 - angemessene Maßnahmen bei Nichteinhaltung von Grenzwerten auch bei unvollständiger Informationslage zu entwickeln.
 - unterschiedliche Verfahrensoptionen zur Emissionsminderung vergleichend zu beurteilen.
-

	Inhalt <u>Luftreinhaltung</u> • Verfahren und Anlagen zur Abgas- und Rauchgasreinigung - o Mechanische Trennverfahren für partikuläre Schadstoffe - o physikalische und chemische Verfahren für gas- und dampfförmige Schadstoffe - o Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Verfahren und deren Kombinationen • Rechtliche Grundlagen (BImSchG, TA Luft, immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren) • Atmosphärische und topographische Rahmenbedingungen (Ausbreitung von Schadstoffen) • Berechnung von Emissionen, Grenzwerteinhaltung und Sauerstoffbedarf (Verbrennungsrechnung) • Bilanzierung von Treibhausgasemissionen Optionen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen <u>Wassertechnologie</u> • Rechtliche Grundlagen (Wasserhaushaltsgesetz, Trinkwasserverordnung, Abwasserverordnung, wasserrechtliches Genehmigungsverfahren, etc.) • Wasserchemie • Spezielle Verfahren der Wasser- und Abwasserbehandlung • Wassertechnische Anwendungen • Rechnerische Auslegung von Abwasserreinigungsanlagen und Wasseraufbereitungsanlagen
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Präsentation mit Laptop/Beamer, Online-Arbeitsmaterialien, Overhead bzw. Dokumentenkamera, Laboreinrichtung und Skript
Literatur	<u>Luftreinhaltung</u> • Förtsch, G.; Meinholz, H.: Handbuch Betrieblicher Immissionsschutz. Springer Vieweg. Wiesbaden 2020. • Hübner, K.; Görner, K.: Gasreinigung und Luftreinhaltung. VDI-Springer. Heidelberg 2001. • Nietsche, M.: Abluftfibel. Springer Vieweg-Berlin, Heidelberg 2015. • Sattler, K.: Thermische Trennverfahren. Wiley-VCH-Weinheim 2001. • Ebeling, N.: Abluft und Abgas: Reinigung und Überwachung. Wiley-VCH- Weinheim 2008. • Crastan, V.: Weltweite Energiewirtschaft und Klimaschutz. 2. Aufl. Springer Vieweg. Berlin 2016. • Ausfelder, F.; Dura, H. E. (Hrsg.): Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit PTX Technologien. Herausforderungen – Potenziale – Methoden – Auswirkungen. • BImSchG, div. BImSchV, TA Luft, div. Normen zur Luftreinhaltung <u>Wassertechnologie</u> • Hanke, K.; Wilhelm, S.: Wasseraufbereitung – Chemie und chemische Verfahrenstechnik. 6. Aufl. Springer. Heidelberg 2003. • Mutschmann, J.; Stimmelmayer, F.: Taschenbuch der Wasserversorgung. 14. Aufl. Vieweg. Wiesbaden 2007.

-
- Karger, R.; Cord-Landwehr, K.; Hoffmann, F.: Wasserversorgung. 13. Aufl. Vieweg + Teubner. Wiesbaden 2008.
-

Modul	_ Energienutzung / -speicher
Modulbezeichnung engl.	<i>Energy Utilization and Storage</i>
Modulnummer	B-E (gemäß SPO 2020) B-E.WP (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Energiespeicher / -netze Energieeffizienz
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr. Fiorentino Valerio Conte
Dozent	Prof. Dr. Fiorentino Valerio Conte, Prof. Dr.-Ing. Stefan Murza
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, Schwerpunkt „Energieverfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	<u>SPO 2020</u> Profilbildend als • Pflichtmodul im Schwerpunkt „Energieverfahrenstechnik“ • Wahlpflichtmodul (siehe Modul D) in den Schwerpunkten „Prozesstechnik“ und „Umwelttechnik“ <u>SPO 2025</u> Das Modul ist ein Wahlpflichtmodul mit Möglichkeit zur Profilbildung im Bereich „Energieverfahrenstechnik“.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU: 5,5 SWS, Ü: 0,5 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Keine
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • die Energiewende in den sozioökonomischen Rahmen einzuordnen. • das Netzkonzept, das Netz der Netze und Energiesysteme zu definieren. • verschiedene Netze und die Wechselwirkungen (Strom, Gas, IT-Kommunikation, Verkehr, Wasser) zu benennen. • die elektrische Energieübertragung bzw. die Grundlage der Energieversorgung zu kennen. • Smart Grid zu definieren.

-
- Aspekte der Netzsicherheit zu wiederzugeben.
 - die Grundprinzipien des elektrischen Systems zu beschreiben sowie mit der Stromerzeugung und dem Stromtransport zusammenhängende Fragen zu beantworten.
 - die Struktur des Netzverteilungssystems zu kennen.
 - die Steuerung des nationalen Stromnetzes und die Problematik der Energieflussregelung zu skizzieren.
 - verschiedene Arten von Speichersystemen für stationäre Anwendungen aufzulisten.
 - die physikalischen Grundlagen und wichtigsten Merkmale, Besonderheiten und Grenzen elektrischer Energiespeichersysteme zu erklären.
 - elektrische Speichersysteme im Stromnetz zu erläutern.
 - Zusammenhänge von Elektromobilität und Stromnetz darzustellen.
 - Arten und Probleme der Fahrzeugaufladung aus der Sicht des Verteilungsnetzes zu bezeichnen.
 - die Vehicle to Grid (V2G)-Technologie sowie die Variablen und kritischen Punkte, die beim Energieaustausch zwischen dem Netz und den Fahrzeugen (V2G-Technologie) eine Rolle spielen, zu beschreiben.
 - die verschiedenen Wasserstoffproduktions-, -transport- und -speichersysteme, ihre Besonderheiten und Kritikalitäten zu benennen.
 - die Power to X-Technologie zu kennen.
 - die Begriffe Effizienz, Effektivität zu kennen und zu beschreiben.
 - unterschiedliche Eigenschaften von Energien zu kennen.
 - das Wissen über unterschiedliche Energieformen entlang einer Wandlungskette zu haben.
 - die Aussagen des ersten und des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik bei der Anwendung auf energetische Prozesse und Verfahren darzustellen.
 - die Energieeffizienzrichtlinie der Europäischen Union zu kennen.
 - die Energieversorgungssysteme – insbesondere in Deutschland bzw. der EU – zu benennen.
 - die Anforderungen durch die sog. Energiewende und die dafür erforderlichen Technologien darzustellen.
 - die Bedeutung von Effizienz und Effektivität zu beschreiben.

Fertigkeiten:

- grundlegenden Prinzipien der elektrischen Energiesysteme zu berücksichtigen.
 - Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Netzen beurteilen zu können.
 - die Definition von Smart Grid und die entsprechenden Anforderungen für seine Regelung in die Praxis zu transferieren.
 - Vorteile und Schwierigkeiten bei der Einführung eines intelligenten Stromnetzes abschätzen zu können.
 - die Steuerung des Stromnetzes und die Grundlagen der Frequenz- und Leistungsregelung in einem elektrischen System zu verstehen.
 - die Rolle, die elektrische Speichersysteme im Stromnetz spielen und die Besonderheiten der verschiedenen elektrischen Energiespeichersysteme in der Praxis berücksichtigen zu können.
 - die optimale Technologie für das jeweilige Speicherproblem auszuwählen und dabei die Besonderheiten des Speichersystems für ein Energieproblem zu beachten.
-

- die enge Beziehung zwischen Stromnetz und Elektromobilität darzustellen.
- zwischen quantitativen und qualitativen Energieverlusten zu unterscheiden.
- den Primärenergiefaktor eines Energieträgers zu bestimmen.
- den Primärenergiebedarf von technischen Verfahren auf Basis des Energieeinsatzes und der Energieträger sowie der jeweiligen Primärenergiefaktoren zu berechnen.
- die quantitativen und qualitativen Verluste, die im Einzelnen bei der Wandlung, dem Transport und der Speicherung von Energie entstehen, zu bestimmen.
- Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz auszuwählen.
- die Rolle von Wasserstoff-Energiesystemen zu bestimmen.
- grundlegenden Prinzipien von Energiesysteme zu berücksichtigen.
- die Rolle unterschiedlicher Energiequelle und Energieträger zu bestimmen.
- die Rolle von Energiespeichern und Wasserstoff-Energiesystemen zu bestimmen.
- optimale Technologien auszuwählen in Hinblick auf Effektivität und Effizienz der Lösung.

Kompetenzen:

- die Rolle eines bestimmten Speichersystems in einem Stromnetz selbständig zu erkennen und zu interpretieren.
- den Leistungsbedarf auf Makro- und Mikroebene abzuschätzen (Simultanitätsprinzip).
- die wichtigsten kritischen Punkte eines Stromnetzes zu identifizieren und zu verstehen, ob ein Speichersystem diese kritischen Punkte entschärfen kann.
- eine Grobdimensionierung eines Speichersystems für eine stationäre Anwendung durchzuführen.
- die Auswirkungen zu verstehen, vorherzusagen und zu kontrollieren, die der Anschluss eines Speichersystems an einem bestimmten Punkt des Netzes verursacht.
- das geeignete Speichersystem für eine Netzanforderung – basierend auf den spezifischen Möglichkeiten, Beschränkungen, Kosten und dem Zeitrahmen eines Projekts – zu definieren und auszuwählen.
- Prozesse und Verfahren hinsichtlich der rationellen Verwendung von Energie zu verbessern.
- den Primärenergiebedarf von Prozessen und Verfahren zu optimieren.
- exergetische Analysen von Energieanwendungen durchzuführen und Exergiebilanzen zu erstellen.
- bestehende Verfahren für den Einsatz alternativer Energieformen umzustellen.
- bestehende Energiekonversionstechnologien zu verbessern sowie neue, effizientere Verfahren zu erarbeiten.
- die Eigenschaften und Leistungen von neuartigen Speichersystemen für stationäre Anwendungen selbständig in den technischen Kontext einzuordnen.
- technisch und organisatorisch Lösungsmöglichkeiten für die Energiewende zu definieren, zu entwickeln und auszuwählen.

	Inhalt <u>Energiespeicher / -netze</u> • Energiesysteme und die Energiewende: Energieverbrauch und Energieerzeugung • Energienetze: Probleme durch fluktuierende Energie • Speicherung: Bedarf und Art • Spezifikationen von Energiespeichern • Energieversorgungsnetze und Energienetzregelung: Last Fluss Analyse • Lithium-Ionen für Stationär-Anwendung • Smart Grids und Energiespeicher • Energienetze und Elektromobilität • Sicherheit von Energieversorgungsnetzen (Impulsvortrag „Sicherheit von Energienetzen: Physikalisch und IT – Blockchain für Energiesysteme“) • Gas, Wasserstoff, Power to X • Wasserstoff Speicherung • Kurze Einführung in die Energiemärkte (Impulsvortrag: „European Electric system and its market“) <u>Energieeffizienz</u> • Energieeffizienz als rationelle Verwendung von Energie • Enthalpie, Entropie, Exergie und Energie • Entwertung von Energie • Matrix der Energieumformungen • Energiekonversionstechnologien • Primärenergiebedarf und Primärenergieproduktivität • Bilanzierungsgrößen und Effizienzberechnung • Energieströme und Energiebilanzen • Exergieströme und Exergiebilanzen • Wirkungsgrade und Leistungsziffern • Energieeffizienzsteigerung und Optimierungskonzepte • Energiemanagementsysteme und Energieaudits
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	<u>Energiespeicher / -netze</u> Präsentation mit Laptop/Beamer <u>Energieeffizienz</u> Graphical Recording, (Kurz-) Lernvideos, Skripte zu jeder einzelnen Seminareinheit als pdf-Dokumente, Moodle-Kurs als Plattform für Kommunikation und Dokumentenbereitstellung.
Literatur	<u>Energiespeicher / -netze</u> • Sterner, M.; Stadler, I. et al: Energiespeicher-Technologien, Bedarf, Integration. 2. Aufl. Springer. Heidelberg, Berlin, New York. 2014/2017. • Brauner, G.: Systemeffizienz bei regenerativer Stromerzeugung, Strategien für effiziente Energieversorgung bis 2050. Springer. ISBN: 978-3-658-24854-3. <u>Energieeffizienz</u> • Dehli, M.: Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe: Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen. Springer. Wiesbaden 2020.

-
- Pehnt, M. (Hrsg.): Energieeffizienz: Ein Lehr- und Handbuch. Springer. Berlin 2010.
 - Wosnitza, F.; Hilgers, H. G.: Energieeffizienz und Energiemanagement. Vieweg+Teubner. Wiesbaden 2012.
-

Modul	_ Apparate
Modulbezeichnung engl.	<i>Process apparatus</i>
Modulnummer	B-P (gemäß SPO 2020) B-P.WP (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Wärme- und Stoffübertrager Reaktoren
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich, Prof. Dr. rer. nat. Thomas Osterland
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	<u>SPO 2020</u> Profilbildend als • Pflichtmodul im Schwerpunkt „Prozesstechnik“ • Wahlpflichtmodul (siehe Modul D) in den Schwerpunkten „Energieverfahrenstechnik“ und „Umwelttechnik“ <u>SPO 2025</u> Das Modul ist ein Wahlpflichtmodul mit Möglichkeit zur Profilbildung im Bereich „Prozesstechnik“.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU: 4 SWS, Ü: 2 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Grundkenntnisse der Wärme- und Stoffübertragung, der Reaktionstechnik, des Apparate- und Anlagenbaus
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • verschiedene Mechanismen des Wärme- und Stofftransports zu beschreiben. • Eigenschaften und Anwendungsgebiete verschiedener Wärme- und Stoffübertrager zu benennen. • die Klassifizierung von Reaktortypen und typische Merkmale ausgewählter Reaktortypen wiederzugeben. • wesentliche Teilschritte ausgewählter Prozesse und dafür geeignete Reaktoren und Apparate zu benennen.

	• Apparate zur Durchführung verschiedener verfahrenstechnischer Grundoperationen zu beschreiben. • wirtschaftliche Randbedingungen zu benennen. <u>Fertigkeiten:</u> • geeignete Bauarten von Wärme- und Stoffübertragern auszuwählen. • die verfahrenstechnische Dimensionierung von Wärme- und Stoffübertragern vorzunehmen. • die Funktionsweise ausgewählter Apparatetypen und damit verbundene Herausforderungen zu erläutern. • geeignete Reaktorarten für typische reaktionstechnische Anforderungen auszuwählen. • die Funktionsweise ausgewählter Reaktoren und damit verbundene ingenieurtechnische Herausforderungen zu erläutern. • Reaktoren hinsichtlich Materialwahl, Energiebedarf und Dimensionierung auszulegen. • Stoff- und Wärmetransportvorgänge sowie den Energiebedarf ausgewählter Reaktortypen zu bilanzieren und zu optimieren. • Berechnungsmodelle zu ausgewählten Apparatetypen zu erstellen. • grundlegende apparatetechnische Auslegungen vorzunehmen. <u>Kompetenzen:</u> • die Auswahl und Auslegung von Apparaten zu bewerten. • Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von Apparaten zu treffen. • aus verschiedenen Optionen die optimalen Apparate auszuwählen. • aktuelle Reaktorkonzepte vergleichend mit neuen Konzeptentwicklungen zu bewerten. • Ergebnisse zur Berechnung von verfahrenstechnischen Apparaten darzustellen und zu bewerten. • Entscheidungen über die optimale Apparateauswahl zu treffen.
Inhalt	<u>Wärme- und Stoffübertrager</u> • Vertiefende Grundlagen des Wärme- und Stofftransports • Analogie zwischen Wärme- und Stofftransport • Bauarten und Berechnung von Wärmeübertragern • Bauarten und Berechnung von Trennapparaten <u>Reaktoren</u> • Stoff- und Wärmetransportvorgänge in chemischen Reaktoren • Klassifizierung, Bauarten und Funktionsweise chemischer Reaktoren • Dimensionierung sowie konzeptionelle, materialseitige und energetische Reaktorauslegung für ausgewählte Anwendungsfälle • Etablierte Reaktorkonzepte und aktuelle Entwicklungen
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Präsentation mit Laptop/Beamer/digitale Lehr- und Lernformen, Labor, Skriptum, digitale Lehrmaterialien
Literatur	<u>Wärme- und Stoffübertrager</u> • Baehr, H. D.; Stephan, K: Wärme- und Stoffübertragung. Springer Vieweg. • Wegener, E.: Planung eines Wärmeübertragers. Wiley-VCH. • Shah, R. K.; Sekulić, D. P.: Fundamentals of Heat Exchanger Design. Wiley.

-
- Nitsche, N.: Kolonnen-Fibel. Springer Vieweg.
 - Kister, H. Z.: Distillation Design. McGraw-Hill.
 - Hirschberg, H. G.: Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau. Springer.
 - Stephan, P. et al. (Hrsg.): VDI-Wärmeatlas. Springer Vieweg.

Reaktoren

- Baerns, M.; Behr, A.; Brehm, A. et al.: Technische Chemie. Wiley-VCH. Weinheim 2013.
 - Hertwig, K.; Martens, L.; Hamel, C.: Chemische Verfahrenstechnik: Berechnung, Auslegung und Betrieb chemischer Reaktoren. 3. Aufl. De Gruyter Oldenbourg. München 2018.
 - Güttel, R.; Turek, T.: Chemische Reaktionstechnik. Springer Spektrum. Berlin 2021.
-

Modul	_ Umwelttechnik Ressourcen / Rohstoffe
Modulbezeichnung engl.	<i>Environmental Technology: Resources / Feedstock</i>
Modulnummer	B-U (gemäß SPO 2020) B-U.WP (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Kreislaufwirtschaft / Recycling Rohstofftechnologie / Ressourcen
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Mesut Cetin
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Mesut Cetin; PD Dr. rer. nat. habil. Simon Meißner; Amon Krichel, M.Sc.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“,
Verwendbarkeit des Moduls	<u>SPO 2020</u> Profilbildend als • Pflichtmodul im Schwerpunkt „Umwelttechnik“ • Wahlpflichtmodul (siehe Modul D) in den Schwerpunkten „Energieverfahrenstechnik“ und „Prozesstechnik“ <u>SPO 2025</u> Das Modul ist ein Wahlpflichtmodul mit Möglichkeit zur Profilbildung im Bereich „Umwelttechnik“.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU, Ü: 6 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Sichere Beherrschung der üblichen Grundoperationen der mechanischen, thermischen und chemischen Verfahrenstechnik; Basiswissen in der Werkstoffkunde und der Umweltverfahrenstechnik
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, Kenntnisse:

-
- die rechtlichen Rahmenbedingungen der Kreislaufwirtschaft einzuordnen.
 - Kreislaufwirtschaft aus unterschiedlichen Standpunkten zu skizzieren.
 - die einzelnen Aspekte der Ressourcen- und Rohstoffbewirtschaftung zu nennen.
 - die rechtlichen Rahmenbedingungen für eine zukunftsgerichtete Wirtschaftsweise („Circular Economy“) einzuordnen.
 - die Recyclingeigenschaften unterschiedlicher Materialien sowie verschiedene Recyclingverfahren zu beschreiben.
 - Zusammenhänge, kausale Ketten, Skalierungen und Relationen im Lebenszyklus von Rohstoffen herauszuarbeiten.

Fertigkeiten:

- Zusammenhänge der Recyclingtechnik/Kreislaufwirtschaft unter nicht-idealen bzw. realen Rahmenbedingungen auf technische Fragestellungen zu übertragen.
- Recyclingprozess für unterschiedliche Materialien zu entwickeln.
- Stoffstromanalysen nach dem Konzept der Stoffgeschichten zu erstellen.
- die prinzipiellen globalen und lokalen Wirkgefüge von Ressourcen- und Rohstoffeinsatz zu erklären.

Kompetenzen:

- Prozesse der Recyclingtechnik/Kreislaufwirtschaft unter nicht-idealen bzw. realen Rahmenbedingungen technisch, ökologisch und rechtlich zu beurteilen.
 - wissenschaftlich fundierte Entscheidungen im Feld der Kreislaufwirtschaft hervorzubringen, auch auf der Grundlage unvollständiger oder begrenzter Informationen.
 - die Umweltrelevanz von Rohstoff- und Ressourcennutzung in Relation zu ökonomischen Aspekten zu beurteilen (globale Skala).
 - betriebswirtschaftliche Entscheidungen über den Umgang mit Rohstoffen und Ressourcen begründet zu entwickeln
-

	Inhalt <u>Kreislaufwirtschaft / Recycling</u> • Geschichte und Entwicklung der Kreislaufwirtschaft • Rahmenbedingungen der Kreislaufwirtschaft • Abfallvermeidung und Wiederverwertung • Sammlung und Erfassung von Abfällen und Sekundärmaterial • Sortier- und Aufbereitungstechnik • Recycling unterschiedlicher Abfallfraktionen (z. B. Bioabfall, Bauabfälle, Elektroaltgeräte, Altfahrzeuge, Verpackungen, etc.) • Ökologische Bewertung und Relevanz der unterschiedlichen Verfahren • Zukunft der Kreislaufwirtschaft: Circular Economy <u>Rohstofftechnologie / Ressourcen</u> • Begriffsbestimmung „Ressourcen“ und „Rohstoffe“ • Geologie, Bergbau und Primärproduktion • Mineralische, metallische, biotische und Energie-Rohstoffe • Immaterielle Ressourcen • Volkswirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen der Rohstoffwirtschaft • Betriebswirtschaftliche Aspekte des Ressourcen- und Rohstoffeinsatzes • Rechtliche und ethische Aspekte • Umweltwirkungen und soziokulturelle Aspekte • Konzept der Stoffgeschichten
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Präsentation mit Laptop/Beamer, Moodle-Kurs, Skript
Literatur	<u>Kreislaufwirtschaft / Recycling</u> • Kranert, M. (Hrsg.): Einführung in die Kreislaufwirtschaft, Springer Vieweg. 5. Aufl. Wiesbaden 2018. • Kurth, P.; Oexle, A.; Faulstich, M. (Hrsg.): Praxishandbuch der Kreislauf- und Rohstoffwirtschaft, Springer Vieweg. 1. Aufl. Wiesbaden 2018. • Martens, H.; Goldmann, D.: Recyclingtechnik. Springer Vieweg. 2. Aufl. Wiesbaden 2016. <u>Rohstofftechnologie / Ressourcen</u> • Reller, A.; Marschall, L.; Meißner, S.; Schmidt, C.: Ressourcenstrategien. WBG. Darmstadt 2013. • Zepf, V.; Reller, A.; Rennie, C.; Ashfield, M.; Simmons, J.: Materials critical to the energy industry. An introduction. 2nd edition. BP p.l.c. London 2014. • United States Geological Survey: Minerals Commodity Summaries. Diverse Jahrgänge. U.S. Geological Survey. Reston 2017. Abrufbar online. • DERA: Publikationsreihe DERA-Rohstoffinformationen. Diverse Jahrgänge. Abrufbar online. • UNEP (2016): Global Material Flows and Resource Productivity. Assessment Report for the UNEP International Resource Panel. Abrufbar online.

Modul	Fluidmechanik / CFD
Modulbezeichnung engl.	<i>Fluid Mechanics / CFD</i>
Modulnummer	C (gemäß SPO 2020) A (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Fluidmechanik Computational Fluid Dynamics (CFD)
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Alexandra Jördening
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Alexandra Jördening
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU, Ü: 6 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagen der Strömungsmechanik, numerischen Mathematik, Thermodynamik/Wärmeübertragung
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • die Aussagen der strömungsmechanischen Bilanzgleichungen wiederzugeben. • die Zusammenhänge der Disziplinen Strömungsmechanik, Physik und numerische Mathematik in der numerischen Strömungssimulation zu verstehen. <u>Fertigkeiten:</u> • strömungsmechanische Aufgabenstellungen zu abstrahieren, in numerische Berechnungsmodelle zu transferieren und mit Hilfe kommerziell verfügbarer Berechnungstools zu lösen. • das Zusammenwirken der Fluidmechanik, Physik und numerischen Mathematik in praktischen Anwendungsfällen zu erkennen. <u>Kompetenzen:</u>

	• an komplexe Aufgabenstellungen der Fluidodynamik methodisch heranzugehen. • den digitalen Workflow einer numerischen Strömungssimulation wiederzugeben. • Ergebnisse strömungsmechanischer Berechnungen auf Basis numerischer Verfahren zu beurteilen, darzustellen und zu kommunizieren. • Optimierungen für strömungsmechanische Fragestellungen abzuleiten. • Mittels virtueller Auslegungswerkzeuge Prozesse und Produkte der Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik nachhaltig mitzugestalten.
Inhalt	• Vertiefende strömungsmechanische Grundlagen • Mathematische Beschreibung von Strömungen • Klassifizierung der Gleichungen und Lösungsansätze • Aufbau einer numerischen Strömungssimulation • Netzerstellung und Netzqualitätskriterien • Rand- und Anfangsbedingungen • Numerische Verfahren zur Lösung der Gleichungssysteme • Ergebnisanalyse und -darstellung • Fehlerabschätzung bei numerischen Verfahren <u>CFD</u> • Einsatzmöglichkeiten von CFD • Geometrische Darstellung des Strömungsraumes • Gittergenerierung und Diskretisierung • Turbulenzmodellierung • Analyse der Ergebnisse • Fehlerquellen und Qualitätssicherung • Praktisch Anwendungsfälle
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	<u>Fluidmechanik</u> Tafelvortrag, Präsentation mit Laptop/Beamer, Skript <u>CFD</u> Präsentation von Tutorials mit Laptop/Beamer, kommerzielles Softwaretool im PC-Pool des THA-Rechenzentrums
Literatur	<u>Fluidmechanik</u> • Cebeci, T. et al.: Computational Fluid Dynamics for Engineers. Springer. 2005. • Ferziger, J. H.; Peric, M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer. 2008. • Griebel, M.; Dornseifer, T.; Neunhoffer, T.: Numerische Simulation in der Strömungsmechanik. Vieweg. 1995. • Oertel, H.; Laurien, E.: Numerische Strömungsmechanik. Vieweg. 2003. • Tu, J.; Yeoh, G. H.; Liu, C.: Computational Fluid Dynamics – A Practical Approach. Butterworth-Heinemann. 2007. • Wendt, J.: Computational Fluid Dynamics – An Introduction (A VKI book). Springer. 1995.

CFD

- Skripte zur Veranstaltung, Stand 2021
 - Handbücher ANSYS-CFX, online in ANSYS verfügbar
-

Modul	Wahlpflichtmodule aus Master FMV
Modulnummer	D (gemäß SPO 2020) WP-FMV (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Es ist <u>ein</u> Wahlpflichtmodul aus dem Modulkatalog der Masterstudiengänge der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik zu wählen. Modulkatalog Details siehe jeweilige Modulbeschreibung im Modulhandbuch des jeweiligen Studiengangs Master Umwelt- und Verfahrenstechnik <u>SPO 2020</u> Es können ausschließlich Module aus dem Masterstudiengang Umwelt- und Verfahrenstechnik belegt werden, die nicht zugleich Bestandteil des gewählten Studienschwerpunkts sind. <u>SPO 2025</u> Siehe gelistete Wahlpflichtmodule Masterstudiengang Umwelt- und Verfahrenstechnik Master Maschinenbau Alle Module aus dem Masterstudiengang Maschinenbau, die nicht zugleich Bestandteil des Masterstudiengangs Umwelt- und Verfahrenstechnik sind, können als Wahlpflichtmodule belegt werden. Master Produktion Siehe Master Maschinenbau Master Technologie-Management Module aus dem berufsbegleitenden Masterstudiengang Technologie-Management können als Modulstudium (kostenpflichtig) belegt und auf Antrag anerkannt werden.
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Wahlpflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs. Gewählt werden kann ein Modul aus den Modulkatalogen sämtlicher Masterstudiengänge der Fakultät, soweit die Module nicht bereits als Pflichtmodule belegt waren.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Entsprechend der gewählten Module.
Arbeitsaufwand	Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • ein ausgewähltes Fachgebiet in seiner Breite und Tiefe zu kennen. <u>Fertigkeiten:</u>

	• innerhalb des ausgewählten Fachgebiets auf Basis des angeeigneten Wissens geeignete Problemlösungen finden zu können. <u>Kompetenz:</u> • innerhalb des ausgewählten Fachgebiets eigenständig arbeiten und Verantwortung übernehmen zu können.
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.

Modulbezeichnung engl.	Case Study
Modulnummer	E (gemäß SPO 2020) B (gemäß SPO 2025)
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Sommersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Osterland
Sprache	Deutsch oder Englisch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminar (S): 3 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 45 h (S: 3 SWS) Eigenstudium: 135 h (Studienarbeit) Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • wichtige Begriffe des Systemdenkens zur Bearbeitung einer komplexen ingenieurtechnischen Tätigkeit zu wiederholen. • Vorgehensweisen zur Strukturierung eines komplexen ingenieurtechnischen Problems aufzuzeigen. • Präsentationstechniken für unterschiedliche Situationen zu benennen. <u>Fertigkeiten:</u> • notwendige Theorie und Zusammenhänge des Systemdenkens zur Bearbeitung einer komplexen ingenieurtechnischen Tätigkeit zu erklären. • zugehörige Dokumentationen gemäß wissenschaftlicher Art zu verfassen. • ihre kommunikativen, sozialen und interkulturellen Fähigkeiten durch Einnahme von unterschiedlichen Rollen im Planspiel weiterzuentwickeln. <u>Kompetenzen:</u> • systemisch Probleme zu analysieren und unter Einsatz von Methoden der Projektorganisation Zusammenhänge hervorzubringen. • eigene Entscheidungen zu treffen und Konsequenzen ihres Handelns durch Simulationen im Planspielablauf zu ermitteln. • verschiedene Beobachterpositionen durch gemeinsame Reflexionen in Kleingruppen einzunehmen und somit Vor- und Nachteile inhaltlicher als auch verhaltensbezogener Handlungen zu unterscheiden.

Inhalt	• Analyse der Aufgabenstellung • Ermitteln der Arbeitsschritte • Strukturierung der Arbeitspakete • Kontrolle des Arbeitsfortschritts • Wissenschaftliches Arbeiten mit Informationsquellen • Strukturieren von Dokumentationen • Präsentationstechniken <u>Studienarbeit:</u> • Realitätsnahe Simulation einer Praxissituation (eine konkrete Aufgabenstellung für die gesamte Studiengruppe), die jeweils von einem Dozenten betreut wird. Im Gegensatz zu einem „Projekt“ werden unterschiedliche Rollen durch die „Spieler“ (jeweils eine Kleingruppe von Studierenden) eingenommen.
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Tafelvortrag, Präsentation mit Laptop/Beamer und Blended Learning
Literatur	Abhängig von Aufgabenstellung

Modulbezeichnung engl.	<i>Plant Design and Safety</i>
Modulnummer	F (gemäß SPO 2020) C (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Anlagenplanung und -sicherheit Sicherheitstechnik im Betrieb
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Wintersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Hubert Wittreck
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Hubert Wittreck, Dipl.-Ing. Jens-Christian Voss
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 2. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden /	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU: 4 SWS, Ü: 2 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse in Planung, Berechnung und Betrieb von Apparaten und Anlagen
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, Kenntnisse: • unterschiedliche Rechtsgebiete, die beim Bau und Betrieb von technischen Anlagen zu berücksichtigen sind, zu bezeichnen. • sicherheitstechnische Lösungen und Produkte wiederzugeben. • wichtige Regelwerke zu Sicherheitsthemen zu benennen. • Überblick über Pflichtenkataloge, Betreiberpflichten, Haftungsrecht und Verantwortlichkeiten zu zeigen. • umwelt- und bautechnische Genehmigungsvorschriften für die Errichtung verfahrenstechnischer Anlagen zu kennen. • europäische und nationale Gesetze für das Bereitstellen von Maschinen und Anlagen auf dem Markt zuzuordnen und wiederzugeben.

-
- Rechtsnormen für den Betrieb von Anlagen zu benennen.

Fertigkeiten:

- technische Richtlinien und Verordnungen auseinander zu halten.
- Produkte unter ergonomischen Aspekten zu gestalten.
- auf eine richtige Bedeutung des Arbeitsschutzes hinzuzeigen.
- Methoden zur Bestimmung der Anlagensicherheitstechnik zu gebrauchen.
- allgemeine Grundlagen der Genehmigungsdokumente zu erklären.
- einfache Gefährdungs- und Risikoanalysen für den Bau und Betrieb von Anlagen zu erstellen.
- die Kommunikation zwischen Behörden, Anlagenbauern, Anlagenbetreibern, Kunden, Mitarbeitern und Anwohnern in Bezug auf Planung, Bau und Betrieb von Anlagen beispielhaft darzustellen.

Kompetenzen:

- sichere Maschinen und Anlagen zu entwickeln und zu betreiben.
 - selbstständig technische Dokumentationen wie Risikobeurteilung, Verfahrensanweisungen oder Konformitätserklärung zu erstellen und zu vergleichen.
 - wichtige technische Dokumentationen gemäß gesetzl. Auflagen zu formulieren und zu überarbeiten.
 - Risikoanalysen und Gefährdungsbeurteilungen aufzubauen und Verbesserungspotenziale vorzuschlagen.
 - Gefahren beim Bau und im Betrieb von verfahrenstechnischen Anlagen anhand gesetzlicher Vorschriften zu beurteilen.
 - erforderliche Informationen eigenständig zu beschaffen.
 - technische Lösungen zur Risikominderung vorzuschlagen.
-

	Inhalt <u>Anlagenplanung und -sicherheit</u> • Einführung in die rechtlichen Grundlagen bei der Planung und dem Bau von Anlagen und Apparaten • Inhalt und Anwendung der EU-Richtlinien zum Bereitstellen von Produkten insbesondere der Maschinenrichtlinie 206/42/EG • Beachtung der nationalen Rechtsvorschriften unter Anwendung von Normen • Konformitätsbewertungsverfahren und Risikoanalyse • Sicherheitsgerechte Produktgestaltung und Ergonomie <u>Sicherheitstechnik im Betrieb</u> • Regelwerke • Verantwortung der Betreiber • Managementsysteme (Aufbau, Erstellung, Verfahrensanweisungen) • Arbeitsschutz (Gefährdungsbeurteilung, Arbeitsmittel, Kritikalitätsbewertung, Treffen von Schutzmaßnahmen) • Grundzüge des Gefahrstoffrechts (Umgangsvorschriften, Kennzeichnung, Tätigkeitsbewertung) • Anlagensicherheit (Störfallverordnung, Risiko-Analyse, Sicherheitsbericht, sicherheitsrelevante Anlagenteile, Verfahrens-sicherheit, wichtige Betreiberpflichten und deren Umsetzung) • Erstellen von Pflichtenkatalogen wichtiger Regelwerke • Erstellen wichtiger Dokumentationen gemäß gesetzl. Auflagen
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Tafelvortrag, Präsentation mit Laptop/Beamer, Skript
Literatur	<u>Anlagenplanung und -sicherheit</u> • Neudörfer, A.: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte. Springer. 2021 • Klindt, T. et al.: Die Neue Maschinerichtlinie. Beuth. 2010. • Krey, V.; Kapoor, A.: Praxisleitfaden Produktsicherheitsrecht. Hanser. 2017. • Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, geltende Fassung • Produktsicherheitsgesetz ProdSG, geltende Fassung <u>Sicherheitstechnik im Betrieb</u> • Richter, B. (Hrsg.): Anlagensicherheit. Hüthig. 2007. • Bender, H. F.: Das Gefahrstoffbuch - Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen nach REACH und GHS. Wiley-VCH. 2013. • Bundes-Immissionsschutzgesetz BImSchG, geltende Fassung • Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV, geltende Fassung

Modul	Regel- und Prozessleittechnik
Modulbezeichnung engl.	<i>Process Control and Automation</i>
Modulnummer	G (gemäß SPO 2020) D (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Regel- und Prozessleittechnik Praktikum Regel- und Prozessleittechnik
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Wintersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Matthias Kurze
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Matthias Kurze, Prof. Dr.-Ing. Johannes Haus, Prof. Dr.-Ing. Benjamin Danzer
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 2. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden /	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü) und Praktikum (P): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU, Ü, P: 6 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Ingenieurtechnische Grundlagen aus dem Bachelorstudium: Regelungstechnik (Klassische PID-Regelungen, Reglerentwurf im Laplace- und Frequenzbereich) Gleichzeitiger Besuch von SU/Ü und P erforderlich.
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, Kenntnisse:

- regelungs- und prozessleittechnische Aspekte in der Verfahrenstechnik überblickend zu benennen.
- Methoden zur Regelung und Zustandsschätzung verfahrenstechnischer Prozesse zu benennen.
- den anlagentechnischen Aufbau einer Technikumsanlage zu skizzieren.
- wesentliche Aspekte der Steuer-, Regel- und Prozessleittechnik zu kennen und zu verstehen.

Fertigkeiten:

- Prozesse im Zustandsraum zu beschreiben und zu analysieren.
- Funktionsweise und Aufbau von Zustandsreglern und Zustandsschätzern zu erläutern.
- regelungs- und prozessleittechnische Probleme zu erkennen und entsprechend mit Fachleuten kompetent über Probleme bzw. deren Lösungsansätze zu diskutieren.
- ein kommerzielles Prozessleitsystem zu bedienen.
- mit gängiger Prozessmesstechnik (mit Stellgeräten) zu experimentieren.
- wesentliche Methoden der Steuer-, Regel- und Prozessleittechnik anwenden zu können.

Kompetenzen:

- Methoden zur Lösung regelungstechnischer Problemstellungen zu bewerten und mit Fachleuten zu diskutieren.
- komplexe Probleme zu strukturieren und Lösungsvorschläge zu bewerten.
- Ergebnisse aus der Prozessmesstechnik auf Plausibilität und regeltechnische Richtigkeit hin zu beurteilen.
- sachgerecht mit MSR-Spezialisten problemorientiert kommunizieren und gemeinsam Lösungen entwickeln zu können.

Inhalt

- Wiederholung Grundlagen Regelungstechnik: Übertragungsfunktion, Frequenzgang, PID-Reglerauslegung
- Prozessbeschreibungen (Zustandsraummodell, stochastische Prozesse) für die moderne Prozessregelung
- Kurzüberblick: Methoden der numerischen Optimierung
- Moderne Regelungsmethoden: Zustandsregelung, optimierungsbasierte Regelungen (LQR, MPC)
- Methoden der Zustandsschätzung: Beobachter/Kalman-Filter
- PLT-Darstellungen im R&I-Fließbild, PLT-Strukturen, Prozessmesstechnik, Analysenmesstechnik, Stellgerätetechnik, Informations- und Systemtechnik, Aufbau von Prozessleitsystemen, Aufbau von SPS-Steuerungen, -systemen

Übungen:

Studienarbeit Regelungstechnik: Semesterbegleitende Entwurfs- und Simulationsprojekte anhand verfahrenstechnischer Beispiele ausarbeiten und Ergebnisse im Rahmen eines Kurzvortrags vorstellen. Perspektivisch soll die Studienarbeit um eine KI-gestützte Design-Studie ergänzt werden: Entwurf einer Regelungsstruktur für einen unbekannten verfahrenstechnischen Prozess mit KI-Unterstützung, verbunden mit einer anschließenden kritischen Verifikation der KI-Vorschläge durch die Studierenden (in Abstimmung mit dem Modulverantwortlichen).

	<u>Praktikum</u> • Systematische Identifikation und Modellbildung realer verfahrenstechnischer Regelstrecken auf Basis von Sprungantworten • Entwurf, Inbetriebnahme und experimentelle Bewertung von PID-Reglern an realen Regelstrecken • Analyse von Stabilität und Robustheit realer Regelkreise (Frequenzgang, Amplituden- und Phasenrand) • Entwurf und Inbetriebnahme erweiterter Regelungsstrukturen (Kaskadenregelung, Störgrößenaufschaltung) • Umgang mit sequenzieller Steuerungstechnik und SPS-Programmierung an einer verfahrenstechnischen Anlage • Umgang mit gängiger Prozessmesstechnik und Stellgeräten sowie mit kommerziellen Regel- bzw. Prozessleitgeräten
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Tafelvortrag, Präsentation mit Laptop/Beamer, Overhead bzw. Dokumentenkamera, rechnergestützte Arbeitsplätze und Laboreinrichtung Simulationsprojekte mit Matlab/Simulink (Software verfügbar via HRZ)
Literatur	• Lunze, J.: Bände Regelungstechnik 1 und Regelungstechnik 2: Mehrgrößensysteme, digitale Regelung. Springer Vieweg. 2016. • Schulz, G., Graf, K.: Regelungstechnik 1 und 2, De Gruyter Brill Verlag. • Agachi, P. S., Cristea M. V.: Basic Process Engineering Contro. DeGruyter. 2014. • Früh, K. F. et al.: Handbuch der Prozessautomatisierung, DIV, 2017 • Thieme, M.; Winter, H.: Prozessleittechnik in Chemieanlagen. Europa-Lehrmittel-Verlag. 2015. • Schnell, G.; Wiedemann, B.: Bussysteme in der Automatisierungs- und Prozesstechnik. Springer. 2012 • Wellenreuther, G.; Zastrow, D.: Automatisieren mit SPS – Theorie und Praxis. Springer. 2015.

Modul	Prozessmodellierung und Simulation
Modulbezeichnung engl.	<i>Process Modelling and Simulation</i>
Modulnummer	H (gemäß SPO 2020) E (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Prozessmodellierung und Simulation
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Wintersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich, Prof. Dr.-Ing. Hubert Wittreck, Gastdozenten der TU Brno (Tschechien)
Sprache	Deutsch, Englisch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 2. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 4 SWS Studienarbeiten (StA)
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 60 h (SU, Ü: 2 SWS; PC gestützte Ü: 2 SWS) Eigenstudium: 120 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Beschreibung des Phasengleichgewichts fluiden Gemische, Beherrschung der Berechnungsmethoden zur Dimensionierung thermischer und energietechnischer Apparate, Kennzeichnung von Partikeln und Haufwerken, Kenntnis der Zerkleinerungsmaschinen

Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, <u>Kenntnisse:</u> • den elementaren Aufbau von Prozesssimulationen zu beschreiben. • wichtige Begriffe und Gleichungen, die der Prozessmodellierung und -simulation zugrunde liegen, zu benennen. • Voraussetzungen zum Lösen von verfahrens- und energietechnischen Problemen mithilfe von industrieüblichen Softwareprodukten wiederzugeben. <u>Fertigkeiten:</u> • unterschiedliche Stoffdatenmodelle auszuwählen. • geeignete Rand- und Anfangsbedingungen für die Prozessmodellierung und -simulation zu bestimmen. • Methoden der Prozessmodellierung in Simulationswerkzeugen zu differenzieren. <u>Kompetenzen:</u> • Apparate und Prozesse anhand von Versuchen zu modellieren, nachzurechnen und zu optimieren. • Simulationsergebnisse und Anlagenfließbilder zu dokumentieren. • Simulationsergebnisse zu transferieren und technisch, ökonomisch und ökologisch zu bewerten.
Inhalt	• Kompakter Einführungskurs in die Softwareprodukte CHEMCAD und/oder EBSILON (teilweise englischsprachig) • Vertiefung der theoretischen Grundlagen im Anwendungsbereich der Software • Einführung in kommerzielle Prozesssimulationsprogramme und Modellierungswerkzeuge • Durchführung von Versuchen, Versuchsauswertung, Darstellung der Versuchsergebnisse und Modellierung der Apparate und Anlagen • Selbstständiges Lösen verschiedener Probleme der thermischen Verfahrenstechnik oder der Energietechnik in studentischen Kleingruppen • Auswahl von Stoffdatenmodellen • Umsetzen von Methoden der Prozessmodellierung in Simulationswerkzeugen, Fallstudien • Dokumentation von Simulationsergebnissen und Anlagenfließbildern, Einschätzung und Bewertung der Ergebnisse.
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Präsentation mit Laptop/Beamer, digitale Lehr- und Lernformen, Overhead bzw. Dokumentenkamera und rechnergestützte Arbeitsplätze
Literatur	• Benutzerhandbuch PMP (Particulate Material Processing). • CHEMCAD User Guide.

Modul	Schlüsselkompetenzen
Modulbezeichnung engl.	<i>Key Skills</i>
Modulnummer	I (gemäß SPO 2020) F (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Onboarding / Studieneingangswoche Führungs- und interkulturelle Kompetenz Wissenschaftliches Arbeiten und Publizieren
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Wintersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Dozent	<u>Onboarding / Studieneingangswoche</u> Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich; Dr. phil. Anja Haberer; Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Oec. Dietmar Braunmiller <u>Führungs- und interkulturelle Kompetenz</u> Prof. Dr. rer. pol. Erika Regnet, Marcus Hofmann <u>Wissenschaftliches Arbeiten und Publizieren</u> Dipl.-Päd. Gabriele Schwarz
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 1. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studienganges.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü): 2 SWS Seminar (S): 2 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 60 h (SU: 1 SWS, S: 2 SWS, Ü: 1 SWS; davon 1 SWS Seminar als Blockwoche in der 1. Semesterwoche) Eigenstudium: 120 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Keine
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende die Lehrveranstaltung besucht haben, sind sie in der Lage, Kenntnisse: • sich gegenseitig zu kennen. • den Studiengang mit seinen Wahlmöglichkeiten und Lehrveranstaltungen zu kennen. • die Studien- und Prüfungsordnung zu kennen. • Kommunikationshindernisse zu erkennen.

-
- Wissen über Führungsstile zu generieren.
 - Grundlagen der Motivation zu benennen.
 - Führen mit Zielen zu skizzieren.
 - Grundlagen einer gelungenen Präsentation und Moderation aufzuführen.
 - Vorgehensweisen zum wissenschaftlichen Arbeiten wiederzugeben.

Fertigkeiten:

- ihr Studium zu strukturieren.
- in Groß- und Kleingruppen erfolgreich und konstruktiv zusammen zu arbeiten.
- Mitarbeiter zielorientiert einzusetzen und führen.
- Gespräche mit Mitarbeitern wertschätzend und ergebnisorientiert zu führen.
- Arbeitstechniken zum wissenschaftlichen Arbeiten auszuwählen.

Kompetenzen:

- ingenieurwissenschaftliche Berichte und Studien zu verfassen.
 - den Studiengang erfolgreich zu studieren.
 - effiziente Planungs- und Arbeitstechniken für unterschiedliche Anforderungsprofile zu kombinieren.
 - in interkulturellen Teams zu arbeiten.
 - Führungskompetenz und Gesprächsführungskompetenz aufzubauen.
 - selbstständig Arbeitsergebnisse auf wissenschaftlicher Grundlage zu sammeln, gliedern, bewerten und dokumentieren.
-

Inhalt Onboarding / Studieneingangswoche

- Gegenseitiges Kennenlernen und Teambuilding
- Detaillierte Vorstellung des Studiengangs mit seinen Wahlmöglichkeiten und Lehrveranstaltungen...
- Planung und Strukturierung von Prozesse, u. a. des eigenen Masterstudiums...
- Schreiben und Formulieren in den Ingenieurwissenschaften

Führungs- und interkulturelle Kompetenz

- Führung von Mitarbeitern
 - Führung im hierarchischen Kontext
 - Führungsstile und ihre Auswirkungen
 - Übersicht über zentrale Forschungsergebnisse
 - Grundlagen der Motivation
 - Intrinsische und extrinsische Motivation
 - Umgang mit Low-Performern
 - Kommunikation – Das Gespräch mit dem Mitarbeiter
 - Führen mit Zielen
 - Das regelmäßige Zielvereinbarungsgespräch
 - Anerkennung und Kritik
 - Feedback zum eigenen Führungsverhalten durch Mitarbeitergespräch, Teamtraining, Vorgesetztenbeurteilung, Mitarbeiterbefragung
 - Teammanagement international
-

	• Verhandlungen in interkulturellen Kontexten • Interkulturelles Krisenmanagement • Diversity-Management • Projektmanagement <u>Wissenschaftliches Arbeiten und Publizieren</u> • Wissenschaftliches Recherchieren • Wissenschaftliches Dokumentieren • Wissenschaftliches Präsentieren
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Tafelvortrag, Präsentation mit Laptop/Beamer, Skript, Tablet, Video
Literatur	<u>Onboarding / Studieneingangswoche</u> • Grüning, C.: Garantiert erfolgreich lernen. mvg Verlag. 2019. • Messing, B.: Das Studium: Vom Start zum Ziel. Springer. 2012. • Papst-Weinschenk, M.: Reden im Studium. pabst press. 2009. <u>Führungs- und interkulturelle Kompetenz</u> • Bröckermann, R.: Führungskompetenz. Stuttgart 2011. • Buckingham, M. & Coffman, C.: Erfolgreiche Führung gegen alle Regeln. Wie Sie wertvolle Mitarbeiter gewinnen, halten und fördern. 4. Aufl. Frankfurt/New York 2012. • Domsch, M.; Regnet, E.; Rosenstiel, L. v. (Hrsg.): Führung von Mitarbeitern - Fallstudien zum Personalmanagement. 3. Aufl. Stuttgart 2012. • Regnet, E.: Konflikt und Kooperation. Göttingen 2007. • Rosenstiel, L. v.; Regnet, E.; Domsch, M. (Hrsg.): Führung von Mitarbeitern - Handbuch. 7. Aufl. Stuttgart 2014. • Rosenstiel, L. v.: Motivation managen. Psychologische Erkenntnisse ganz praxisnah. Weinheim und Basel 2003. • Pitcher, P.: Das Führungsdrama. Künstler, Handwerker und Technokraten im Management. 3. Aufl. Stuttgart 2008. • Weibler, J.: Personalführung. 2. Aufl. München 2012. <u>Wissenschaftliches Arbeiten und Publizieren</u> • Stickel-Wolf, C.; Wolf, C.: Wissenschaftliches Arbeiten und Lerntechniken. Erfolgreich studieren – gewusst wie! 9. Aufl. Springer Gabler. 2019. • Standop, E.; Meyer, M.: Die Form der wissenschaftlichen Arbeit. Quelle und Meyer. 18. Aufl. 2008. • Stry, J.; Kretschmer, H.: Umgang mit wissenschaftlicher Literatur. Wiss. Buchgesellschaft. 1999.

Modulbezeichnung engl.	<i>Economics and Management</i>
Modulnummer	K (gemäß SPO 2020) G (gemäß SPO 2025)
Lehrveranstaltungen	Betriebs- und Volkswirtschaft Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement
Dauer / Angebot	ein Semester, jeweils im Wintersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Dozent	Prof. Dr.-Ing. Johannes Haus, Prof. Dr. Alexandra Coenenberg
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 2. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs.
Lehr- und Lernform/ Semesterwochenstunden /	Seminaristischer Unterricht (SU) mit Übung (Ü) inkl. Fallbeispielen aus der Praxis (Ü): 6 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzunterricht: 90 h (SU, Ü: 6 SWS) Eigenstudium: 90 h Gesamtaufwand: 180 h
Credit Points (CP)	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Keine
Empfohlene Voraussetzungen	Allgemeine Kenntnisse im Umweltrecht sowie Grundkenntnisse in Ökologie und Ökobilanzierung, Abfallwirtschaft, Luftreinhaltung und Immissionsschutz, Wasser- und Abwassertechnik; betriebswirtschaftliche Grundkenntnisse
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende das Modul besucht haben, sind sie in der Lage, Kenntnisse: • den aktuellen Stand der Nachhaltigkeitsdiskussion zu kennen. • Zusammenhänge zwischen Ökologie, Ökonomie und Nachhaltigkeit benennen zu können. • Zusammenhänge zwischen Managementsystemen wiederzugeben. • betriebs- und volkswirtschaftliche Fragestellungen zu erkennen und aufzuzeigen.

-
- die praktische Anwendung betriebswirtschaftlicher Rechenmethoden zu kennen.
 - gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge und mögliche Auswirkungen auf den Unternehmenserfolg zu beschreiben.
 - grundlegende Kenntnisse im Themenfeld Nachhaltigkeit in den Dimensionen Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft zu haben
 - die Zusammenhänge zwischen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft zu erkennen.

Fertigkeiten:

- grundlegende betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Methoden unter Einbeziehung der Umweltbewertung bei aktuellen Fragestellungen im Unternehmen und in der Unternehmensführung anwenden zu können.
- die Methoden des Nachhaltigkeitsmanagements anzuwenden.
- in Kenntnis der gesamtwirtschaftlichen und ökologischen Situation geeignete Maßnahmen für das Unternehmen abzuleiten und auszuarbeiten.

Kompetenzen:

- betriebs- und volkswirtschaftliche Zusammenhänge zu erkennen und einzuordnen.
 - aktuelle Probleme im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung zu diskutieren und Lösungsvorschläge zu erarbeiten.
 - Nachhaltigkeitskriterien formulieren und beurteilen zu können
 - Ökobilanzen durchzuführen.
 - Lösungsansätze für Nachhaltigkeitsansätze unter Beachtung der gesamtwirtschaftlichen Situation für das Unternehmen eigenständig zu entwickeln.
-

Inhalt Betriebs- und Volkswirtschaft

- Aufbau von Unternehmen (Organisation, Rechtsformen, etc.)
- Grundlagen des Controllings, Finanz- und Rechnungswesens
- Betriebswirtschaftliche Rechenmethoden mit Fallbeispielen
- Wirtschaftsordnungen, Ökonomische Prinzipien
- Faktorenmärkte: Arbeit, Boden und Kapital
- Makroökonomie: Wirtschaftswachstum, Weltwirtschaft und Konjunkturzyklen
- Mikroökonomie: Angebot, Nachfrage und Produktmärkte
- Angewandte Mikroökonomie: Internationaler Handel, Staat und Umwelt, Arbeitslosigkeit, Inflation, Preispolitik
- Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, das Bruttosozialprodukt
- Sozialökonomie: Wechselwirkung von Wirtschaft und Gesellschaft
- Innerbetriebliche Zusammenhänge eines Unternehmens (BWL) werden in gesamtwirtschaftlichen Zusammenhängen (VWL) diskutiert.

Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

- Ökologie, Ökonomie und Nachhaltigkeit
 - Rechtsvorschriften und betriebliche Umweltpolitik
-

	• Umweltmanagement-System nach DIN EN ISO 14001 oder EMAS • Umweltprüfung und -aspekte • Umweltinformationen und -berichte • Umweltaudits und Zertifizierungen • Ökobilanzen • Ressourceneffizienz • Vorgehen beim Einführen eines betrieblichen Umweltmanagement-Systems (EMAS bzw. ISO 14000) • Entwicklung eines betrieblichen Umweltprogramms • Datenerhebung für Stoff- und Energiebilanzen • Aufstellen einer betriebliche Input-/Outputbilanz • Erstellen eines Umweltberichtes
Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Tafelvortrag, Präsentation mit Laptop/Beamer, Overhead bzw. Dokumentenkamera, Onlinematerial und rechnergestützte Arbeitsplätze, Multimedia, Learningspace im www, Onlinematerial mit Fallbeispielen aus der Praxis.
Literatur	<u>Betriebs- und Volkswirtschaft</u> • Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 27. Aufl. Verlag Vahlen, Franz. 2020. • Engelkamp, P.; Sell, F. L.; Sauer, B.: Einführung in die Volkswirtschaftslehre. 8. Aufl. Springer Gabler. 2020. • Samuelson, P. A.; Nordhaus, W. D.: Volkswirtschaftslehre. Verlag FinanzBuch. 2016. • Schmid, D.; Baumann, A. et al.: Produktionsorganisation mit Qualitätsmanagement und Produktpolitik. Europa Lehrmittel. 11. Aufl. Verlag Europa Lehrmittel. 2019. <u>Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement</u> • Förtsch, G.; Meinholz, H.: Handbuch Betriebliches Umweltmanagement. Springer Spektrum. Wiesbaden 2014. • Engelfried, J.: Nachhaltiges Umweltmanagement. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. 2011. • Förtsch, G., Meinholz, H.: Handbuch Betriebliches Umweltmanagement. Vieweg + Teubner. • Dyckhoff, H.: Umweltmanagement. Springer. Berlin-Heidelberg-New York 2000. • Müller-Christ, G.: Umweltmanagement. Vahlen. München 2001. • Klöpffer, W.; Grahl, B.: Ökobilanz (LCA). Verlag Wiley-VCH. Weinheim 2009. • Diverse ISO-Normen

Modul	Masterarbeit
Modulbezeichnung engl.	<i>Master Thesis</i>
Modulnummer	L (gemäß SPO 2020) MA (gemäß SPO 2025)
Dauer / Angebot	ein Semester (Vollzeit) bzw. max. zwei Semester (Teilzeit), Sommer- und Wintersemester
Modulverantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Marcus Reppich
Dozent	Dozenten der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Mindestens einer der Prüfer muss Professor an der genannten Fakultät der Technischen Hochschule Augsburg sein.
Sprache	Deutsch oder Englisch
Zuordnung zum Curriculum	Masterstudiengang „Umwelt- und Verfahrenstechnik“, 3. Semester
Verwendbarkeit des Moduls	Das Modul ist ein Pflichtmodul und zentraler Bestandteil des Studiengangs.
Arbeitsaufwand	Masterarbeit: 870 h (in zusammenhängender, ausschließlicher Bearbeitung binnen sechs Monaten abschließbar) Masterkolloquium: 30 h Gesamtaufwand: 900 h
Credit Points (CP)	30
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung	Die Ausgabe des Themas der Masterarbeit erfolgt in der Regel zu Beginn des 3. Studiensemesters. Die Zulassungsvoraussetzungen lt. Studien- und Prüfungsordnung sind zu beachten!
Empfohlene Voraussetzungen	Keine
Angestrebte Lernergebnisse	Nachdem Studierende die Abschlussarbeit absolviert haben, sind sie in der Lage , ein komplexes praxisbezogenes Thema aus dem Gebiet der Umwelt- und Verfahrenstechnik selbstständig auf wissenschaftlicher Grundlage methodisch zu bearbeiten und den Lösungsweg sowie die Ergebnisse zu dokumentieren.
Inhalt	• Analyse der Aufgabenstellung • Verfassen eines Exposés • Ermitteln der Arbeitsschritte • Strukturieren der Arbeitspakete • Kontrolle des Arbeitsfortschritts • Wissenschaftliches Arbeiten mit Informationsquellen • Strukturieren von Dokumentationen

Studien- und Prüfungsleistungen	Siehe Studien- und Prüfungsordnung (SPO 2020 bzw. 2025) sowie jeweils aktuelle Fassung des Studienplans; die Benotung erfolgt gemäß § 20 der Allgemeinen Prüfungsordnung (APO) der THA in der jeweils gültigen Fassung.
Medienformen	Themen- bzw. projektabhängig
Literatur	• Anleitung zur Anfertigung der Masterarbeit im Masterstudiengang Umwelt- und Verfahrenstechnik (vgl. Studiengangs-Website: Studienrelevante Downloads). • Kornmeier, M.: Wissenschaftlich schreiben leicht gemacht. UTB. Stuttgart 2011. • Balzert, H.; Schäfer, C.; Schröder, M.; Kern, U.: Wissenschaftliches Arbeiten - Wissenschaft, Quellen, Artefakte, Organisation, Präsentation. W3L, 2008. • Stickel-Wolf, C.; Wolf, C.: Wissenschaftliches Arbeiten und Lerntechniken. Erfolgreich studieren – gewusst wie! Springer Gabler. 2022. • Wird vom jeweiligen Betreuer bekannt gegeben • Entsprechend der Aufgabenstellung eigenständig ausgewählt.