

Modulhandbuch

WS 2024/25

Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)

Master

Studien- und Prüfungsordnung: WS 22/23

Stand: 29.07.2024

Inhalt

1	Übersicht	4
2	Einführung	5
2.1	Zielsetzung	6
2.2	Zulassungsvoraussetzungen	7
2.3	Zielgruppe	8
2.4	Studienaufbau	9
2.5	Vorrückungsvoraussetzungen	10
2.6	Konzeption und Fachbeirat	11
3	Qualifikationsprofil	12
3.1	Leitbild	13
3.2	Studienziele	14
3.2.1	Fachspezifische Kompetenzen des Studiengangs	14
3.2.2	Fachübergreifende Kompetenzen des Studiengangs	14
3.2.3	Prüfungskonzept des Studiengangs	15
3.2.4	Anwendungsbezug des Studiengangs	15
3.2.5	Beitrag einzelner Module zu den Studiengangzielen	17
3.3	Mögliche Berufsfelder	18
4	Duales Studium	19
5	Modulbeschreibungen	20
5.1	Allgemeine Pflichtmodule	21
	Wasserstofferzeugung	22
	Wasserstoffspeicherung und -transport	24
	Wasserstoffwirtschaft	26
	Plant and equipment design in hydrogen technology	28
	Hydrogen in energy technology and energy markets	31
	Wasserstoffsicherheit und Normung	33
	Systems Engineering	35
	Start-Up Project	37
	Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik	39
	Mechatronik	41
	Numerical Methods and Computational Simulation	44
	Masterarbeit	46
5.2	Individuelles Wahlpflichtmodule	48
	Adaptive Systeme	49
	Aerodynamische Methoden	51
	Akustik	53
	Autonomes Fliegen	55
	DOE / Datenanalyse	57
	Entrepreneurship Coaching	58

Fahrzeugstrukturauslegung	60
Flugzeugstrukturentwurf	62
Getriebe	64
Homologation	66
Langzeitverhalten der Werkstoffe	68
Metallische Leichtbauwerkstoffe	70
Unfallrekonstruktion.....	72
Werkstoff- und Schadensanalytik.....	74
Werkstofftechnologie	76
CFD.....	78

1 Übersicht

Name des Studiengangs	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft
Studienart & Abschlussgrad	konsekutiver M.Eng. in Vollzeit
Erstmaliges Startdatum	WS 2022/23, semesterweiser Start
Regelstudienzeit	3 Semester (90 ECTS, 48 SWS)
Studiendauer	3 Semester
Studienort	THI Ingolstadt
Unterrichtssprache/n	überwiegend Deutsch, teils Englisch
Kooperation	duales Studium möglich

Studiengangleiter:

Name: Prof. Dr.-Ing. Ertan Akgün

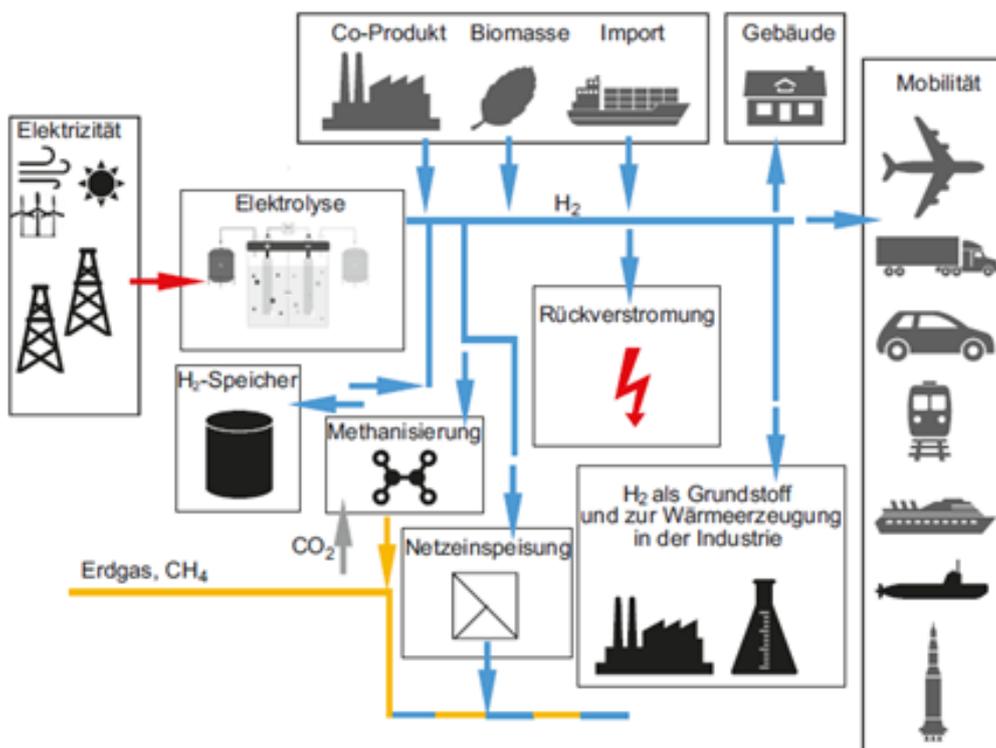
E-Mail: Ertan.Akguen@thi.de

Tel.: +49 (0) 841 / 9348-2404

2 Einführung

Für die Erreichung der deutschland- und weltweiten Klimaziele ist eine Energie- und Mobilitätswende notwendig. Der Wasserstoff wird dabei als Energieträger der Zukunft angesehen und soll die Brücke zwischen den Bereichen Energie, Verkehr, Industrie und Wärme schaffen. Durch die Entwicklung von Wasserstofftechnologien werden insbesondere für den Freistaat Bayern neue Wertschöpfungspotentiale gesehen. Laut Studien können bis zu 15.000 neue Arbeitsplätze in der bayerischen Wasserstoffwirtschaft bis 2030 entstehen (vgl. Bayerische Wasserstoffstrategie, Stand: Mai 2020).

Gespräche mit Vertretern aus Industrie und Forschung haben ergeben, dass es einen hohen Bedarf an fachlich ausgebildeten Absolventen im Bereich der Wasserstofftechnologie gibt bzw. auch zukünftig geben wird. Das aktuelle Studienangebot im Bereich der Wasserstofftechnologie ist deutschlandweit aktuell noch sehr begrenzt. Mit dem Masterstudiengang „Wasserstofftechnologie und -wirtschaft“ soll der Bedarf an zukünftigen Absolventen aufgegriffen werden. Diese sollen dazu befähigt werden, in Zukunft wichtige Fach- und Führungspositionen in der deutschen und internationalen Wirtschaft einzunehmen.



Technologiepfade einer Wasserstoffwirtschaft (Quelle: Schmidt, Wasserstofftechnik, Hanser-Verlag, 2020)

2.1 Zielsetzung

Der Studiengang „Wasserstofftechnologie und -wirtschaft“ richtet sich an deutsche und ausländische Studierende, die aufbauend auf einer technischen Ausbildung ihre Kenntnisse im Bereich der Wasserstofftechnologien vertiefen möchten bzw. in dieses Thema einsteigen wollen.

Die zukünftigen Absolventen sollen in der Lage sein, die Technologiekette des Energieträgers Wasserstoff von der Erzeugung über die Speicherung und den Transport bis zu den dazugehörigen Anwendungen zu verstehen, diesbezüglich neue Produkte bzw. Lösungen zu entwickeln und diese in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und die Nachhaltigkeit zu bewerten. Damit sollen sie befähigt werden, die Energie- und Mobilitätswende mit Hilfe von Wasserstofftechnologien aktiv mitzugestalten.

Der Master „Wasserstofftechnologie und -wirtschaft“ orientiert sich an den aktuellen Anforderungen und Bedarfen der Wasserstoffindustrie. Das notwendige Grundwissen im Bereich der Energietechnik und damit verwandten Bereichen wird im Studium vermittelt.

Durch einen Anteil an Modulen in englischer Sprache fördert der neue Studiengang die Internationalisierung der THI und bereitet die Absolventen auf Aufgaben im internationalen Umfeld vor. Die Absolventen eignen sich sowohl als Spezialist auf dem Arbeitsmarkt als auch für den Einstieg in die wissenschaftliche Laufbahn.

2.2 Zulassungsvoraussetzungen

Qualifikationsvoraussetzung für den Zugang zum Masterstudium ist der Nachweis eines erfolgreichen Abschlusses eines Studiums an einer deutschen Hochschule mit mindestens 210 ECTS-Leistungspunkten oder äquivalentem Studiumumfang im Bereich der Ingenieurwissenschaften, der Verfahrenstechnik oder ähnlichen Studiengängen oder ein gleichwertiger erfolgreicher in- oder ausländischer Abschluss.

Zusätzlich ist der Nachweis ausreichender Kenntnisse der englischen Sprache (Sprachniveau B2) des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für die Immatrikulation erforderlich.

Es gelten die allgemeinen gesetzlichen Zulassungsvoraussetzungen. Die verbindlichen Regelungen für diesen Studienplan sind zu finden in:

- Studien- und Prüfungsordnung für den Masterstudiengang „Wasserstofftechnologie und -wirtschaft“ in der Fassung vom 10.01.2022
- Allgemeine Prüfungsordnung (APO) der Technischen Hochschule Ingolstadt
- Immatrikulationssatzung der Technischen Hochschule Ingolstadt.

2.3 Zielgruppe

Der Studiengang richtet sich an deutsche und ausländische Studierende, die sich auf ihrer technischen Ausbildung im Bereich der Wasserstofftechnologien vertiefen möchten bzw. in dieses Thema einsteigen wollen. Besonders interessant ist der Studiengang für Personen mit technischen und naturwissenschaftlichen Interessen, die sich für nachhaltige Energieerzeugung und Energieversorgung mit Fokus auf Wasserstoffanwendungen interessieren und in diesen Bereichen tätig sein wollen.

2.4 Studienaufbau

Die Regelstudienzeit für die Master-Studiengänge beträgt drei Studiensemester, wobei das dritte Semester überwiegend der Anfertigung der Masterarbeit dienen soll. Das Studium wird als Vollzeitstudium angeboten.

Im ersten Semester werden folgende sechs Pflichtmodule an der Hochschule Ingolstadt angeboten: Wasserstoffsicherheit und Normung, Wasserstoffspeicherung und -transport, Wasserstoffwirtschaft, Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik, Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets und Mechatronik.

Im zweiten Semester werden die Pflichtmodule Wasserstoffherzeugung, Systems Engineering, Start-Up Project, Plant and Equipment Design in Hydrogen Technology und Numerical Methods and Computational Simulation angeboten. Zusätzlich ist ein Wahlmodul zu absolvieren. Das Fach Start-Up Project wird in Form einer Gruppenarbeit durchgeführt. Hierbei sollen die Studierenden eine konkrete Fragestellung im Bereich der Wasserstofftechnologien im Hinblick auf ein Unternehmensgründungsszenario bearbeiten.

Der letzte Studienabschnitt beinhaltet mit der Masterarbeit die Gelegenheit, in einem ganzen Semester ein relevantes Thema wissenschaftlich zu bearbeiten.

Das folgende Schaubild bildet den Studienverlauf graphisch ab.

1. Semester (WS)	Wasserstoffsicherheit und Normung [5 ECTS] (de)	Wasserstoffspeicherung und -transport [5 ECTS] (de)	Wasserstoffwirtschaft [5 ECTS] (de)
	Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik [5 ECTS] (de)	Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets [5 ECTS] (en)	Mechatronik [5 ECTS] (de)
2. Semester (SS)	Wasserstoffherzeugung [5 ECTS] (de)	Systems Engineering [5 ECTS] (de)	Individuelles Wahlpflichtmodul [5 ECTS] (de/en)
	Start-Up Project [5 ECTS] (en)	Plant and Equipment Design in Hydrogen Technology [5 ECTS] (en)	Numerical Methods and Computational Simulation [5 ECTS] (en)
3. Semester	Masterarbeit [30 ECTS] (de/en)		

2.5 Vorrückungsvoraussetzungen

keine

2.6 Konzeption und Fachbeirat

Der Studiengang wurde u.a. auf Basis von Gesprächen mit Vertretern aus Industrie und Forschung entwickelt, deren Anforderungen in besonderer Weise berücksichtigt wurden. Die Positionierung des Studiengangs in Richtung wissenschaftliche Ausbildung, Praxisbezug und Interdisziplinarität mit dem resultierenden Fächermix sind nicht zuletzt aufgrund der Relevanz dieser Themen für die Wirtschaft entstanden.

Die Ausbildung soll unsere Masterabsolventinnen und -absolventen in die Lage versetzen, treibende Kräfte in Unternehmen bei der Bewältigung zukünftiger Herausforderungen zu sein.

3 **Qualifikationsprofil**

3.1 Leitbild

[Leitbild und Leitsätze](#) der THI wurden in einem umfassenden Strategieprozess unter Einbindung aller Mitarbeiter und der Hochschulgremien in den Jahren 2018/2019 überarbeitet und auf der Homepage veröffentlicht. Das gemeinschaftlich erarbeitete Leitbild „**Persönlichkeit und Innovationen – für eine lebenswerte Zukunft**“ stellt den Handlungsrahmen der Strategie THI 2030 dar.

Konkretisiert wird das Leitbild durch fünf Leitsätze:

**Wir schaffen Innovationen und leben Nachhaltigkeit –
Technik und Wirtschaft sind unser Fokus.**

Wir entwickeln Persönlichkeiten für die Berufswelt der Zukunft.

Wir gestalten den Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft.

Wir lehren, forschen und arbeiten international und interdisziplinär.

Wir agieren menschlich, leidenschaftlich und weltoffen

Das Leitbild und die Leitsätze sind zentraler Bestandteil des Hochschulentwicklungsplans (HEP) **THI 2030**, der parallel zur Leitbildüberarbeitung erstellt worden ist.

Der HEP THI 2030 basiert auf den Zielvereinbarungen der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI) mit dem Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst. Der HEP detailliert und erweitert dabei die Zielvereinbarungen mit dem Ministerium und stellt den Rahmen für die Entwicklung der Hochschule bis Dezember 2022 dar. Ergänzend bietet der HEP einen Ausblick auf die Weiterentwicklung im Rahmen der Strategie 10.000 Studierende bis zum Jahr 2030.

Im HEP verankerte strategische Kernthemen sind unter anderem die Abrundung des Lehr- und Forschungsschwerpunkts **Mobilität**, die Erweiterung von Lehre und Forschung auf die Felder **Life Sciences** und **Nachhaltige Infrastruktur** unter Berücksichtigung der Querschnittsbereiche Digitalisierung und Unternehmertum. Auch die organisatorische Weiterentwicklung der THI im Rahmen der Strategie „THI 2030“ ist dort beschrieben. Dies umfasst auch die Neugründung von Forschungsinstituten wie beispielsweise eines Fraunhofer Anwendungszentrums für vernetzte Mobilität.

Innerhalb der einzelnen Organisationseinheiten dient der HEP als Grundlage für die organisationsspezifischen Detailplanungen und Strategieprozesse. Zielvereinbarung und HEP sind im Intranet der THI (*MyTHI*) für Hochschulmitglieder veröffentlicht.

3.2 Studienziele

3.2.1 Fachspezifische Kompetenzen des Studiengangs

- Fachkompetenzen:
 - Erkennen und Bewerten der Potenziale und der Herausforderungen des Energieträgers Wasserstoff in verschiedenen Anwendungsbereichen
 - Entwicklung von technisch-wirtschaftlichen Lösungen, mit denen ein Beitrag zur CO₂-Reduktion geleistet werden kann
 - Abschätzung von Auswirkungen auf die Umwelt im Sinne der CO₂-Bilanzierung und Beachtung von ethischen Aspekten
 - Kenntnisse der Anlagentechnik für Wasserstofftechnologie
 - Erkennen von grundlegenden Gefahren, die vom Wasserstoff ausgehen und entsprechende Auslegung von Anlagen im Sinne der Risikoreduzierung
 - Kenntnis von Gesetzen, Normen und Richtlinien im internationalen Kontext und die Fähigkeit, die richtigen Bestimmungen für das jeweilige Produkt auszuwählen
 - Durchführung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für die zu entwickelnden Produkte und Anlagen
 - Simulation komplexer Systeme und Ergebnisinterpretation

3.2.2 Fachübergreifende Kompetenzen des Studiengangs

- Methodenkompetenzen:
 - selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten
 - ganzheitliche Betrachtung des Themenbereichs „Wasserstofftechnologie“ und Entwicklung von entsprechenden Lösungen
 - Analyse und methodische Bearbeitung von technisch komplexen Fragestellungen im Rahmen des Systems Engineering
 - Konzeption und Leitung von Projekten mit internationalen und interdisziplinären Teams
- Sozialkompetenzen:
 - Präsentation und Dokumentation technischer Themen
 - Lösung von Konflikten im Team und Leitung von Teams
 - Teamarbeit in einem multidisziplinären Entwicklungsverbund

- Diskussion von Sachverhalten auf wissenschaftlicher Ebene und Vertretung des eigenen Standpunktes
- Selbstkompetenzen:
 - Selbstorganisation
 - flüssige Anwendung der englischen Sprache inklusive fachspezifischen Begriffen
 - selbstständige Wissensaneignung
 - kritischer Umgang mit technischen Themen
 - ergebnisorientiertes Denken und Handeln

3.2.3 Prüfungskonzept des Studiengangs

Die Prüfungen orientieren sich an den jeweils angestrebten Lernergebnissen eines Moduls, dessen erfolgreiche Vermittlung überprüft werden soll.

Auf eine ausgewogene Verteilung der Prüfungsformen wurde besonderer Wert gelegt.

Die Lehrveranstaltungen werden durch Laborversuche, Exkursionen und externe Vorträge ergänzt. Die didaktischen Konzepte der Dozenten können dies einbeziehen und somit optimiert werden.

3.2.4 Anwendungsbezug des Studiengangs

Bei der Entwicklung des Studiengangs wurde ein besonderer Wert auf den Anwendungsbezug gelegt. Durch zahlreiche Gespräche mit Vertretern aus Industrie und Forschung konnten Schwerpunkte identifiziert werden, die bei der Konzeption der Module berücksichtigt wurden.

Aus Sicht der Industrie war es zunächst wichtig, dass die zukünftigen Absolventen einen umfassenden Überblick über die gesamte Technologiekette des Energieträgers Wasserstoff besitzen. Die Module „Wasserstofferzeugung“ sowie „Wasserstoffspeicherung und -transport“ greifen diese Technologiefelder entsprechend auf. Das Modul „Wasserstoffwirtschaft“ geht auf die verschiedenen Wasserstoffträger, deren Erzeugung und Transport sowie deren Anwendungsfelder und des Wasserstoffs ein, z. B. in der Industrie, den Mobilitätsanwendungen sowie der Nutzung in Gebäuden. In diesem Modul werden auch Kenntnisse zur CO₂-Bilanzierung und der Wirtschaftlichkeitsrechnung vermittelt. Im Modul „Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets“ bekommen die Studierenden zusätzlich Kenntnisse über die Einbindung des Energieträgers Wasserstoff in Energiemärkte sowie einen Überblick über die Energiemärkte.

Für den späteren Einsatz in der Anlagenplanung müssen die Studierenden Kenntnisse über die dazu erforderlichen Komponenten und deren Auslegung besitzen. Dies wird im Modul „Plant and Equipment Design in Hydrogen Technology“ aufgegriffen. Im Modul „Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik“

werden auch die theoretischen Grundlagen der beiden genannten Komponenten vermittelt. Das Modul „Mechatronik“ behandelt zusätzlich die elektrisch-elektronischen Aspekte der Anlagentechnik. Im Modul „Numerical Methods and Computational Simulation“ werden mathematische Werkzeuge und Simulationstools für das Design und die Optimierung in der Prozess- und Reaktortechnik vermittelt, in denen Material- und Energiebilanzen, Reaktionstechnik, Wärmeübertragung und Strömungsmechanik die Basis bilden.

Durch das große Brand- und Explosionspotenzial von Wasserstoff wird dem Thema Sicherheit eine besondere Bedeutung beigemessen. In dem Modul „Wasserstoffsicherheit und Normung“ werden sowohl Kenntnisse über eine sichere Anlagenauslegung vermittelt als auch ein Überblick über die wichtigsten regulatorischen Bestimmungen geschaffen.

Das moderne Projektumfeld und die technischen Lösungen können sehr vielseitig sein und so müssen sich die zukünftigen Absolventen in diesem Umfeld gut zurechtfinden. Im Modul „Systems Engineering“ werden Werkzeuge für die ingenieurmäßige Bearbeitung von komplexen Projekten und komplexen technischen Anlagen vermittelt.

Die Module werden teils in deutscher und teils in englischer Sprache angeboten. Der Anteil an englischer Sprache dient der sprachlichen Qualifizierung der Studierenden sowohl im allgemeinen Projektumfeld wie auch in der korrekten Kommunikation der Fachbegriffe im internationalen Umfeld.

Es ist davon auszugehen, dass sich auf dem Wasserstoffmarkt vielseitige Perspektiven zur Nutzung von Wasserstoff entwickeln werden. Um die Studierenden mit dem für eine potenzielle Gründung eines eigenen Unternehmens auszustatten, wird eine Projektarbeit mit dem Hintergrund einer Unternehmensgründung durchgeführt.

3.2.5 Beitrag einzelner Module zu den Studiengangzielen

Legende:

- ++ hoher Beitrag
- + mittlerer Beitrag
- o geringer Beitrag oder kein Beitrag

	Wassersicherheit und Normung	Wasserstoffspeicherung und -transport	Wasserstoffwirtschaft	Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik	Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets	Mechatronik	Wasserstoffherzeugung	Systems Engineering	Start-Up Project	Plant and Equipment Design in Hydrogen Technology	Numerical Methods and Computational Simulation	Individuelles Wahlpflichtmodul (abhängig vom gewählten Thema)	Masterarbeit (abhängig vom gewählten Thema)	
Fachkompetenzen	Erkennen und Bewerten der Potenziale und der Herausforderungen des Energieträgers Wasserstoff in verschiedenen Anwendungsbereichen	o	++	++	+	++	o	++	o	++	+	o	..	..
	Entwicklung von technisch-wirtschaftlichen Lösungen, mit denen ein Beitrag zur CO2-Reduktion geleistet werden kann	+	++	++	++	++	++	+	+	++	++	+	..	..
	Abschätzung von Auswirkungen auf die Umwelt im Sinne der CO2-Bilanzierung und Beachtung von ethischen Aspekten	+	+	+	+	++	o	++	o	++	+	o	..	..
	Kenntnisse der Anlagentechnik für Wasserstofftechnologie	++	+	o	++	o	++	+	o	+	++	o	..	..
	Erkennen von grundlegenden Gefahren, die vom Wasserstoff ausgehen und entsprechende Auslegung von Anlagen im Sinne der Risikoreduzierung	++	+	o	+	o	o	+	o	+	+	o	..	..
	Kenntnis von Gesetzen, Normen und Richtlinien im internationalen Kontext und die Fähigkeit, die richtigen Bestimmungen für das jeweilige Produkt auszuwählen	++	+	o	o	o	o	+	+	++	++	o	..	..
	Durchführung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für die zu entwickelnden Produkte und Anlagen	o	+	++	+	+	+	+	+	++	+	o	..	..
	Simulation komplexer Systeme und Ergebnisinterpretation	o	o	o	+	o	+	o	o	+	+	++	..	..
Methodenkompetenzen	selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten	+	+	+	+	+	++	+	+	++	+	+	..	..
	ganzheitliche Betrachtung des Themenbereichs „Wasserstofftechnologie“ und Entwicklung von entsprechenden Lösungen	+	+	++	+	+	+	+	++	+	o	..	..
	Analyse und methodische Bearbeitung von technisch komplexen Fragestellungen im Rahmen des Systems Engineering	++	+	o	+	o	++	+	++	++	+	+	..	..
Sozialkompetenzen	Konzeption und Leitung von Projekten mit internationalen und interdisziplinären Teams	+	o	o	o	o	+	o	+	++	+	o	..	..
	Präsentation und Dokumentation technischer Themen	+	+	+	++	+	+	+	+	++	+	o	..	++
Selbstkompetenzen	Lösung von Konflikten im Team und Leitung von Teams	+	o	o	++	+	o	+	+	++	+	o	..	..
	Teamarbeit in einem multidisziplinären Entwicklungsverbund	+	o	o	++	o	+	+	+	++	+	o	..	..
	Diskussion von Sachverhalten auf wissenschaftlicher Ebene und Vertretung des eigenen Standpunktes	++	+	o	++	+	++	+	+	++	+	+	..	..
Selbstkompetenzen	Selbstorganisation	++	+	o	++	+	+	+	+	++	+	+	..	++
	flüssige Anwendung der englischen Sprache inklusive fachspezifischen Begriffen	++	o	o	++	++	o	+	o	++	+	+	..	++
	selbstständige Wissensaneignung	++	+	+	++	+	++	o	+	++	+	+	..	++
	kritischer Umgang mit technischen Themen	++	+	+	++	+	+	o	+	++	+	+	..	++
	ergebnisorientiertes Denken und Handeln	++	+	o	++	+	++	o	+	++	+	+	..	++

3.3 Mögliche Berufsfelder

Die Absolventen des Studiengangs sind vor allem für Fach- und Führungsaufgaben in folgenden Bereichen geeignet:

- Entwicklung, Transport und Speicherung von Wasserstoff
- Entwicklung von entsprechenden verfahrenstechnischen Anlagen
- Umstellung von fossilen Energiequellen auf Wasserstoff (z.B. Stahl- und Zementherstellung)
- Forschung und Entwicklung
- Technische-wirtschaftliche Planung und Projektleitung in der Wasserstofftechnologie
- Beratung und Weiterbildung im Bereich der Wasserstoffwirtschaft
- Marketing und Kommunikation

Bei den zukünftigen Tätigkeitsfeldern der Absolventen stehen folgende Branchen im Fokus:

- Energieerzeuger und -versorger, Stadtwerke, kommunale Verkehrsunternehmen
- Mineralölindustrie
- Chemische Industrie (Power-to-X)
- Anlagenplanung und -bau (z.B. Brennstoffzellen Elektrolyseure)
- Energieintensive Branchen (z.B. Hersteller von Stahl, Aluminium und Zement)
- Immobilienwirtschaft (z.B. energetische Sanierungen)
- Consulting, Weiterbildung
- Automobil- und Nutzfahrzeughersteller
- Luftfahrtindustrie

4 Duales Studium

In Kooperation mit ausgewählten Praxispartnern kann der Studiengang Wasserstofftechnologie und -wirtschaft auch im dualen Studienmodell absolviert werden. Im dualen Studienmodell lösen sich Hochschul- und Praxisphasen (insbesondere in den Semesterferien und für die Abschlussarbeit) ab. Die Vorlesungszeiten im dualen Studienmodell entsprechen den normalen Studien- und Vorlesungszeiten an der THI.

Durch die systematische Verzahnung der Lernorte Hochschule und Unternehmen sammeln die Studierenden als integraler Bestandteil ihres Studiums berufliche Praxiserfahrung bei ausgewählten Praxispartnern.

Das Curriculum des dualen Studiengangmodells unterscheidet sich gegenüber dem regulären Studiengangskonzept in folgenden Punkten:

- **Abschlussarbeit im Kooperationsunternehmen**

Im dualen Studienmodell wird die Abschlussarbeit bei einem Kooperationsunternehmen geschrieben, i.d.R. über ein praxisrelevantes Thema mit Bezug zum Studienschwerpunkt.

Organisatorisch zeichnet sich das duale Studiengangmodell durch folgende Bestandteile aus:

- **Mentoring**

Zentrale Ansprechpartner für Dualstudierende in der Fakultät sind die jeweiligen Studiengangleiter. Diese organisieren jährlich ein Mentoring-Treffen mit den Dualstudierenden des jeweiligen Studiengangs.

- **Qualitätsmanagement**

In den Evaluationen und Befragungen an der THI zur Qualitätssicherung des dualen Studiums sind separate Frageblöcke enthalten.

- **„Forum dual“**

Organisiert vom Career Service und Studienberatung (CSS) findet einmal jährlich das „Forum dual“ statt. Das „Forum dual“ fördert den fachlich-organisatorischen Austausch zwischen den dualen Kooperationspartnern und der Fakultät und dient zur Qualitätssicherung des dualen Studienprogrammes. Zu dem Termin geladen sind alle Kooperationspartner im dualen Studium sowie Vertreter und Dualstudierende der Fakultät.

Formal-rechtliche Regelungen zum dualen Studium für alle Studiengänge der THI sind in der APO (s. §§ 17, 18 und 21) und der Immatrikulationssatzung (s. §§ 8b und 18) geregelt.

Die folgenden Module sind nach o.g. Beschreibung von den entsprechenden Ergänzungen hinsichtlich eines dualen Studiums betroffen:

- Abschlussarbeit

Nähere Beschreibungen befinden sich in der entsprechenden Modulbeschreibung.

5 Modulbeschreibungen

5.1 Allgemeine Pflichtmodule

Wasserstoffherzeugung			
Modulkürzel:	WSTERz_M-WTW	SPO-Nr.:	1
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Akgün , Ertan		
Dozent(in):	Akgün , Ertan; Goldbrunner, Markus		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	1: Wasserstoffherzeugung (WSTERz_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (WSTERz_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> • kennen unterschiedliche Methoden der Wasserstoffherzeugung und die Einsatzbereiche von Wasserstoff • verstehen die dahinterstehenden Technologien und können diese technisch, wirtschaftlich und ökologisch bewerten • kennen die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Technologien und können diese im Vergleich zu fossilen Brennstoffen diskutieren • kennen die damit verbundenen Herausforderungen und Risiken und können hierfür passende Lösungen entwickeln • haben einen Überblick über neue Technologien und Trends und können deren Potenziale einschätzen 			
Inhalt:			
Grundlagen:			
<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften des Wasserstoffs • Sicherheitsaspekte 			
Erzeugung aus fossilen Quellen:			

- Dampfreformierung
- partielle Oxidation
- autotherme Reformierung
- Kohle- und Biomassevergasung
- Pyrolyse
- Carbon Dioxide Capture and Storage

Elektrolytische Wasserstofferzeugung:

- PEM
- AEL
- SOEC

Biologische Wasserstofferzeugung:

- Wasserstoff aus fester Biomasse, Aufbau der Anlagen, Verschiebung von Reaktionsgleichgewichten etc.
- Fermentation und Wasserstofferzeugung aus Biogas, dunkle Fermentation

Verfahren zur Wasserstoffreinigung

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- SCHMIDT, Thomas, 2022. *Wasserstofftechnik: Grundlagen, Systeme, Anwendung, Wirtschaft* [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-47353-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446473539>.
- SCHMIDT, Thomas, 2022. *Wasserstofftechnik: Aufgaben und Lösungen* [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-47354-6, 3-446-47354-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446473546>.
- KLELL, Manfred, EICHLSEDER, Helmut, TRATTNER, Alexander, 2018. *Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik: Erzeugung, Speicherung, Anwendung* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden PDF e-Book. ISBN 978-3-658-20447-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-20447-1>.
- STOLTEN, Detlef, EMONTS, Bernd, 2016. *Hydrogen science and engineering: materials, processes, systems and technology* [online]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA PDF e-Book. ISBN 3-527-67426-8, 978-3-527-67426-8. Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527674268>.
- ZOHURI, Bahman, 2019. *Hydrogen energy: challenges and solutions for a cleaner future* [online]. Cham: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-319-93461-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93461-7>.

Anmerkungen:

- Im Rahmen der Vorlesung sind Gastvorträge vorgesehen.
- Bonussystem: In der Lehrveranstaltung kann von Studierenden ein Thema bearbeitet und präsentiert werden, das entsprechend seiner qualitativen Ausarbeitung und Präsentation zu Bonuspunkten führt, die zusätzlich auf die Prüfungsleistung angerechnet werden. Bezogen auf die in der Prüfung erreichbaren Punkte sind maximal 10 Prozent Bonuspunkte möglich. Es besteht kein Anspruch auf die Durchführung des Bonussystems im jeweiligen Semester.

Wasserstoffspeicherung und -transport			
Modulkürzel:	WSPuT_M-WTW	SPO-Nr.:	2
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Akgün , Ertan		
Dozent(in):	Akgün , Ertan; Moll, Klaus-Uwe; Oberhauser, Simon		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	2: Wasserstoffspeicherung und -transport (WSPuT_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	mdIP - mündliche Prüfung 15-20 Minuten (WSPuT_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> • haben einen Überblick über die Grundlagen der Wasserstofferzeugung • kennen den Stand der Technik für die physikalischen und materialbasierten Möglichkeiten für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff • beherrschen die Grundlagen der chemischen Verfahrenstechnik und kennen die chemischen Wasserstoffträger • verstehen die dahinterstehenden Technologien und können diese technisch, wirtschaftlich und ökologisch bewerten • kennen die damit verbundenen Herausforderungen und Risiken und können hierfür passende Lösungen entwickeln • haben einen Überblick über neue Technologien, die sich noch im Forschungsstadium befinden und können deren Potenziale einschätzen • können die Anforderungen beurteilen und auf dieser Basis entsprechende Speicherungs- und Transportkonzepte entwickeln 			

<ul style="list-style-type: none"> kennen Mechanismen zur Aufnahme von Wasserstoff, den Einfluss von Wasserstoffaufnahme auf die Werkstoffeigenschaften und können mögliche Gefahren beim Einsatz von Werkstoffen im Wasserstoffumfeld einschätzen
<p>Inhalt:</p> <p>Thermodynamische Grundlagen</p> <p>Wasserstoffspeicherung und -transport:</p> <ul style="list-style-type: none"> physikalisch (cgH₂, ccH₂, lH₂, Kavernen etc.) materialbasiert (LOHC, Metallhydrid, synthetische Kohlenwasserstoffe, Ammoniak, Methanol) neue Technologien <p>Technologische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung der Speicherungs- und Transportmöglichkeiten</p> <p>Werkstofftechnische Aspekte (z.B. Wasserstoffpermeabilität, Wasserstoffversprödung):</p> <ul style="list-style-type: none"> Quellen und Mechanismen zur Aufnahme von Wasserstoff in Werkstoffen Permeation von Wasserstoff in metallischen und polymeren Werkstoffen Einfluss von Wasserstoff auf die Werkstoffeigenschaften und Schädigungspotentiale
<p>Literatur:</p> <p><i>Verpflichtend:</i></p> <p>Keine</p> <p><i>Empfohlen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> PLANKENBÜHLER, Thomas und andere, 2021. <i>Handbook Screening Wasserstofftechnik</i>. Nürnberg: Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. ISBN https://www.encn.de/fileadmin/user_upload/EnCN_Studie_Wasserstofftechnologie_2021.pdf STOLTEN, Detlef, EMONTS, Bernd, 2016. <i>Hydrogen science and engineering: materials, processes, systems and technology</i> [online]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA PDF e-Book. ISBN 3-527-67426-8, 978-3-527-67426-8. Verfügbar unter: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527674268. SCHMIDT, Thomas, 2022. <i>Wasserstofftechnik: Grundlagen, Systeme, Anwendung, Wirtschaft</i> [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-47353-9. Verfügbar unter: https://doi.org/10.3139/9783446473539. GODULA-JOPEK, Agata, JEHLE, Walter, WELLNITZ, Jörg, 2012. <i>Hydrogen storage technologies: new materials, transport, and infrastructure</i> [online]. Weinheim: Wiley-VCH PDF e-Book. ISBN 978-3-527-64992-1, 978-3-527-64994-5. Verfügbar unter: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527649921.
<p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im Rahmen der Vorlesung sind Gastvorträge vorgesehen. Bonussystem: In der Lehrveranstaltung kann von Studierenden ein Thema bearbeitet und präsentiert werden, das entsprechend seiner qualitativen Ausarbeitung und Präsentation zu Bonuspunkten führt, die zusätzlich auf die Prüfungsleistung angerechnet werden. Bezogen auf die in der Prüfung erreichbaren Punkte sind maximal 10 Prozent Bonuspunkte möglich. Es besteht kein Anspruch auf die Durchführung des Bonussystems im jeweiligen Semester.

Wasserstoffwirtschaft			
Modulkürzel:	WSW_M-WTW	SPO-Nr.:	3
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch/Englisch	1 semester	only winter term
Modulverantwortliche(r):	Akgün , Ertan		
Dozent(in):	Akgün , Ertan; Gelner, Alexander		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	3: Wasserstoffwirtschaft (WSW_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (WSW_M-WTW)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (WSW_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	None		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
None			
Empfohlene Voraussetzungen:			
None			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen die wesentlichen Anwendungen von Wasserstoff, deren Relevanz sowie grundlegende Formen der Realisierung • verstehen die Zusammenhänge zwischen chemisch-physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff und den daraus folgenden Möglichkeiten und Herausforderungen in der Anwendung • kennen die unterschiedlichen Anwendungen und deren Bedeutung in Wärmeenergie, elektrische Energie, mechanischer Energie / Mobilität, stoffliche Verwendung / Produkten, Transport- und Speichermedium • kennen die Baugruppen und Ausführungsformen von Wasserstoffanwendungen und verstehen deren Funktionsweisen in unterschiedlichen Anwendungsgebieten • sind in der Lage, Konzepte hinsichtlich ihrer Umweltbilanz anhand etablierter Kenngrößen zu beurteilen und zu bewerten • haben die Kompetenz, die Wirtschaftlichkeit von Konzepten zu beurteilen • können Zusammenhänge abstrahieren und analysieren und erwerben so die Kompetenz, die Verwendung von Wasserstoff technisch, ökologisch und ökonomisch im Vergleich zu anderen Energieträgern zu beurteilen. 			

Inhalt:
<ul style="list-style-type: none">• Physikalische und chemische Eigenschaften von Wasserstoff• Grundlagen der Wasserstoffwirtschaft• Grundlagen der Wasserstoffverwendung• Anwendung in der Industrie und Mobilität• Ökologische Betrachtung / Nachhaltigkeit• Ökonomische Betrachtung
Literatur:
<p><i>Verpflichtend:</i> Keine</p> <p><i>Empfohlen:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• VOORDE, Marcel H. van de, 2021. <i>Utilization of hydrogen for sustainable energy and fuels</i> [online]. Berlin ; Boston: De Gruyter PDF e-Book. ISBN 978-3-11-059627-4, 978-3-11-059410-2. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1515/9783110596274.• TÖPLER, Johannes, LEHMANN, Jochen, 2017. <i>Wasserstoff und Brennstoffzelle: Technologien und Marktperspektiven</i> [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg PDF e-Book. ISBN 978-3-662-53360-4. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-662-53360-4.• GOCHERMANN, Josef, 2021. <i>Halbzeit der Energiewende?: An der Schwelle in eine neue Energiegesellschaft</i> [online]. Berlin: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-662-63477-6. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-662-63477-6.• STEIGER, R., TANTAU, A.D., 2020. <i>Geschäftsmodellkonzepte mit grünem Wasserstoff: Wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen für H2 als nachhaltiger Energieträger</i> [online]. Wiesbaden: Springer Gabler PDF e-Book. ISBN 978-3-658-30576-5. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-30576-5.• KLELL, Manfred, EICHLSEDER, Helmut, TRATTNER, Alexander, 2018. <i>Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik: Erzeugung, Speicherung, Anwendung</i> [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden PDF e-Book. ISBN 978-3-658-20447-1. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-20447-1.
Anmerkungen:
<ul style="list-style-type: none">• Im Rahmen der Vorlesung sind Gastvorträge vorgesehen.• Bonussystem: In der Lehrveranstaltung kann von jedem Studierenden ein Thema bearbeitet und präsentiert werden, das entsprechend seiner qualitativen Ausarbeitung und Präsentation zu Bonuspunkten führt, die zusätzlich auf die Prüfungsleistung angerechnet werden. Bezogen auf die in der Prüfung erreichbaren Punkte sind maximal 10 Prozent Bonuspunkte möglich. Es besteht kein Anspruch auf die Durchführung dieses Systems.

Plant and equipment design in hydrogen technology			
Modulkürzel:	PEDHT_M-WTW	SPO-Nr.:	4
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Akgün , Ertan		
Dozent(in):	Schönberger, Manfred Stefan		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	4: Plant and equipment design in hydrogen technology (PEDHT_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (PEDHT_M-WTW)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (PEDHT_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • werden mit Darstellungen und Begriffen des Anlagenbaus vertraut gemacht • lernen übliche Fertigungsverfahren des Apparatebaus kennen • lernen verfahrenstechnische Grundoperationen kennen • können Anlagenkonzepte der Wasserstoffkette aus verfahrenstechnischen Grundoperationen entwickeln • lernen erforderliche Bestandteile im Anlagenbau aus dem Projektmanagement und der Vertragsgestaltung kennen • verstehen den Projektablauf zur Herstellung einer verfahrenstechnischen Anlage • können Equipment für Anlagen spezifizieren • können Angebote für Anlagenkomponenten technisch/wirtschaftlich bewerten • können ausgewähltes Equipment designen • können Expediting durchzuführen • lernen die spezifischen Sonderanforderungen an Wasserstoffanlagen und Equipment kennen 			

Inhalt:

Grundlagen der Verfahrenstechnik:

- Einführung
- Dimensionslose Kennzahlen
- Strömungsmechanik (Bernoulli inkl. verlustbehaftete Strömung)
- Wärme und Stoffübertragung
- Grundoperationen Verfahrenstechnik
- Spezialgebiet Wasserstoff

Spezialgebiet Wasserstoff

- Nelson-Diagramm zur Werkstoffauswahl
- Gefährdungen flüssiger Wasserstoff
- Methanol-Synthese
- Haber-Bosch-Verfahren
- Sabatier-Verfahren
- Methanisierung

Anlagenbau:

- Vertragsgestaltung (EPC, Lump-Sum-Turnkey-Vertrag...)
- Randbedingungen des Anlagenbaus
 - Projektlaufzeiten
 - Behördenengineering
 - Marktentwicklung
 - gesellschaftliche Akzeptanz
- Projektierung
- Scale-up
- Projektmanagement
- Dreieck des Projektmanagement; VDI 2222, Zeit und Ressourcenplanung, Long Lead Items
- Darstellung von Chemieanlagen (Blockschema, P&ID, Aufstellungsplanung)
- Montageplanung und Montage

Apparatebau:

- Grundlagen Fertigungstechnik / Fertigungsverfahren
- Produktion von Halbzeugen, Umformung, Fügen, Prüfen etc.
- Rotation Equipment (Pumpen, Kompressoren/Verdichter, Turbinen)
- Static Equipment (Behälter, Wärmeaustauscher, Reaktoren, Membrantechnik, Rohrleitungen)

Literatur:*Verpflichtend:*

Keine

Empfohlen:

- CHRISTEN, Daniel S., 2010. *Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik: Handbuch für Chemiker und Verfahreningenieure*. 2. Auflage. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 978-3-540-88974-8, 978-3-540-88975-5
- STRYBNY, Jann, 2012. *Ohne Panik Strömungsmechanik!: ein Lernbuch zur Prüfungsvorbereitung, zum Auffrischen und Nachschlagen mit Cartoons* [online]. Wiesbaden: Vieweg & Teubner PDF e-Book. ISBN 978-3-8348-1791-4, 3-8348-1791-0. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-8341-4>.
- WAGNER, Walter, 2023. *Festigkeitsberechnungen im Apparate- und Rohrleitungsbau*. 10. Auflage. Würzburg: Vogel Communications Group. ISBN 978-3-8343-3527-2, 3-8343-3527-4
- IGNATOWITZ, Eckhard und Fastert GERHARD, . *Chemietechnik*.

Anmerkungen:

- Im Rahmen der Vorlesung können Gastvorträge vorgesehen werden.
- Bonussystem: In der Lehrveranstaltung kann von Studierenden ein Thema bearbeitet und präsentiert werden, das entsprechend seiner qualitativen Ausarbeitung und Präsentation zu Bonuspunkten führt, die zusätzlich auf die Prüfungsleistung angerechnet werden. Bezogen auf die in der Prüfung erreichbaren Punkte sind maximal 10 Prozent Bonuspunkte möglich. Es besteht kein Anspruch auf die Durchführung des Bonussystems im jeweiligen Semester.

Hydrogen in energy technology and energy markets			
Modulkürzel:	HETEM_M-WTW	SPO-Nr.:	5
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Compulsory Subject	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	English	1 semester	only winter term
Modulverantwortliche(r):	Huber, Matthias		
Dozent(in):	Huber, Matthias		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	5: Hydrogen in energy technology and energy markets (HETEM_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	Seminaristischer Unterricht		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - written exam, 90 minutes (HETEM_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	None		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
None			
Empfohlene Voraussetzungen:			
None			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • can compare different hydrogen production/storage/logistic technologies • know about the electricity generation with fossil and renewable energy sources as competing and complementing technologies. • can differentiate current and future colors of hydrogen. • understand the possibilities and limits that hydrogen can play in future energy systems • know the substitution potential of hydrogen. • understand fundamental mechanism of energy markets • understand market mechanism of gas trading as well as technical boundaries. • understand market mechanism of of electricity trading as well as technical boundaries. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of energy economics and markets (incl. price formation) • Different hydrogen production/storage/logistic technologies and their cost structures • Hydrogen generation with renewable energies and competing technologies based on fossile fuels 			

<ul style="list-style-type: none">• Colors of hydrogen.• Possibilities and limits that hydrogen can play in future energy systems• Substitution potential of hydrogen in other sectors.• Market mechanism of gas trading as well as technical boundaries.• Market mechanism of electricity trading as well as technical boundaries.
Literatur:
<p><i>Verpflichtend:</i> Keine</p> <p><i>Empfohlen:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• QUASCHNING, Volker, EPPEL, Herbert, 2020. <i>Renewable energy and climate change</i> [online]. Chichester, West Sussex, UK: Wiley PDF e-Book. ISBN 978-1-119-51490-9. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1002/9781119514909.• KIRSCHEN, Daniel S. und Goran STRBAC, 2018. <i>Fundamentals of Power System Economics</i>. 2. Auflage. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated. ISBN 978-1-119-30988-8• ZWEIFEL, Peter, PRAKTIKNJO, Aaron, ERDMANN, Georg, 2017. <i>Energy Economics: Theory and Applications</i> [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg PDF e-Book. ISBN 978-3-662-53022-1. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-662-53022-1.
Anmerkungen:
None

Wasserstoffsicherheit und Normung			
Modulkürzel:	WSN_M-WTW	SPO-Nr.:	7
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	Hielscher, Daniel		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	7: Wasserstoffsicherheit und Normung (WSN_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (WSN_M-WTW)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (WSN_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach Teilnahme an der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • chemisch-physikalische Eigenschaften von Wasserstoff zu nennen und daraus Gefährdungen abzuleiten • die Hauptgefahrenfelder bei Wasserstoffanwendungen zu erläutern, sowie deren Einfluss auf technische Entwicklungen in den verschiedenen Sektoren einzuordnen • Grundlagenwissen zum Verständnis des Begriffs "Sicherheit" zu vermitteln und grundlegende sicherheitstechnische Situationen im Wasserstoffumfeld einzuschätzen • eine grundlegende Systematik zur sicherheitstechnischen Analyse und Bewertung auszuarbeiten und zwischen verschiedenen Ansätzen zu unterscheiden • Methoden der Sicherheitsanalyse zu beschreiben und die Bedeutung dieser sowie eine Differenzierung zur Anwendung je nach Anwendungsfall auszuarbeiten • die Grundzüge der Produktsicherheit und der Betriebssicherheit zu skizzieren, als auch zwischen diesen zu differenzieren • die verschiedenen Vorschriften zu kennen und deren Bedeutung zu abstrahieren • die grundlegende Sicherheit in Wasserstoffanwendungen im Vergleich zu vergleichbaren Anwendungen anderer Energiespeicher- und Transport-Technologien einzuschätzen und aufbauend darauf das Grundgerüst eines sicherheitstechnischen Konzeptes anzufertigen 			

Inhalt:

- Geläufige Gefahrenfelder in Wasserstoffanwendungen
- Besondere chemische wie physikalische Eigenschaften von Wasserstoff- und Wasserstoff-Gemischen
- Voraussetzungen für ein sicheres Engineering in Wasserstoffanwendungen
- Gefahrenübergang – Besonderheiten und Verantwortlichkeiten
- Wasserstoff im Arbeitsschutz
- Juristische Betrachtungen
- Regulation Codes and Standards (RCS)
- Exkursion(-en) zu Unternehmen im Bereich des stationären Anlagenbaus sowie der Automobilherstellung

Literatur:*Verpflichtend:*

Keine

Empfohlen:

- WINTER, Carl-Jochen und Joachim NITSCH, 1989. *Wasserstoff als Energieträger: Technik, Systeme, Wirtschaft*. Berlin: Springer.
- , 2005. *1x1 der Gase: Physikalische Daten für Wissenschaft und Praxis*. 1. Auflage. Düsseldorf: Air Liquide Deutschland GmbH.
- WURSTER, Reinhold und Ulrich SCHMIDTCHEN, 2011. *Wasserstoff-Sicherheitskompendium*.
- , 2008. *Wasserstoff und seine Gefahren: Ein Leitfaden für Feuerwehren*.

Anmerkungen:

Bonussystem: Erstellung und Präsentation eines Sicherheitskonzepts für neuartige H₂-Speichersysteme mit dem Ziel der Integration in zukünftige Vorlesungsinhalte. Die Bonuspunkte werden auf die Prüfungsleistung angerechnet. Bezogen auf die in der Prüfung erreichbaren Punkt sind maximal 10 Prozent Bonuspunkte möglich. Die Teilnahme am Bonussystem ist freiwillig.

Systems Engineering			
Modulkürzel:	SysEng_M-WTW	SPO-Nr.:	8
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Moll, Klaus-Uwe		
Dozent(in):	Gelner, Alexander; Moll, Klaus-Uwe		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	8: Systems Engineering (SysEng_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	seminaristischer Unterricht		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (SysEng_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen die grundsätzlichen Ansätze des Systemdenkens zur Entwicklung und Integration von komplexen Systemen • können den Problemlösungsprozess des Systems Engineerings anwenden • können Systeme gestalten, mit Blick auf Systemarchitektur und Konzept • kennen agile und plan-driven methods • können die Gestaltung von Systemen in einem strukturierten Projektmanagement durchführen • können die Vorgehensweise des Systems Engineerings auf Aufgabenstellungen im Bereich Energiesysteme, Systeme für die Gewinnung und Umsetzung von Wasserstoff und Anlagenbau anwenden und umsetzen 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Systemdenken • Problemlösungsprozess des Systems Engineerings • Systemarchitektur und Konzeptentwicklung • Anforderungsanalyse und -management 			

- Funktionsanalyse und -struktur, Produktlogik
- Systemdesign, -modellierung und -optimierung
- Produktroadmap
- adaptive und modulare Systeme
- Qualitätsmanagement in der Entwicklung von Systemen; Systemverifikation und -validierung
- Projektmanagement
- Kostenmanagement von Projekt und Produkt
- Systemdokumentation
- Systeme in Form von Anlagen, v.a. Anlagen im Bereich der Energie- und der Wasserstofftechnik

Literatur:*Verpflichtend:*

- GRÄßLER, Iris, OLEFF, Christian, 2022. *Systems Engineering: Verstehen und industriell umsetzen* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg PDF e-Book. ISBN 978-3-662-64517-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64517-8>.
- , 2016. *NASA systems engineering handbook*. Rev 2. Auflage. [Washington, D.C.]: National Aeronautics and Space Administration.
- FURTERER, Sandra L., 2022. *Systems engineering: holistic life cycle architecture, modeling, and design with real-world applications* [online]. Boca Raton ; London ; New York: CRC Press, Taylor & Francis Group PDF e-Book. ISBN 978-1-00-050959-5, 978-1-003-08125-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1201/9781003081258>.
- HABERFELLNER, Reinhard und andere, 2018. *Systems engineering: Grundlagen und Anwendung*. 14. Auflage. Zürich: Orell Füssli Verlag. ISBN 978-3-280-09215-6
- VANEK, Francis M., Louis D. ALBRIGHT und LARGUS T. ANGENENT, 2022. *Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation*. 4. Auflage. New York, Chicago, San Francisco: McGraw Hill.
- EISNER, Howard, 2022. *Tomorrow's Systems Engineering*. Milton: Taylor & Francis Group.
- DOUGLASS, Bruce Powel, 2021. *Agile model-based systems engineering cookbook: improve system development by applying proven recipes for effective agile systems engineering*. Birmingham ; Mumbai: Packt. ISBN 978-1-83921-814-9 <https://portal.igpublish.com/iglibrary/search/PACKT0005920.html>
- MAIER, Anja, OEHMEN, Josef, VERMAAS, Pieter E., 2022. *Handbook of Engineering Systems Design* [online]. Cham: Springer International Publishing PDF e-Book. ISBN 978-3-030-81159-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-81159-4>.

Empfohlen:

Keine

Anmerkungen:

Bonussystem: In der Lehrveranstaltung können von Studierenden Aufgaben bearbeitet und präsentiert werden, was entsprechend seiner qualitativen Ausarbeitung und Präsentation zu Bonuspunkten führt, die zusätzlich auf die Prüfungsleistung angerechnet werden. Bezogen auf die in der Prüfung erreichbaren Punkte sind maximal 10 Prozent Bonuspunkte möglich. Es besteht kein Anspruch auf die Durchführung des Bonussystems im jeweiligen Semester.

Start-Up Project			
Modulkürzel:	StUpP_M-WTW	SPO-Nr.:	9
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch/Englisch	1 semester	winter and summer term
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	Akgün , Ertan; Diel, Sergej		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	9: Start-Up Project (StUpP_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	S/PR - Seminar/Praktikum (StUpP_M-WTW)		
Prüfungsleistungen:	LN - Projektarbeit (StUpP_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	None		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
None			
Empfohlene Voraussetzungen:			
None			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>The aim of the start-up project is the processing of a technical-economic task from the field of hydrogen technology and economy. The project can be, for example, in the field of hydrogen production, storage, transport or include different areas. The technical competences acquired in the lectures are to be applied and deepened in the start-up project.</p> <p>Students are capable of:</p> <ul style="list-style-type: none"> • applying methodological, social and personal skills to define, plan and execute complex projects • working in international and multidisciplinary teams • understanding the client and being able to apply planning, management and control of projects independently in a team • applying interdisciplinary knowledge in a project-specific way and presenting project results in a professional manner 			
Inhalt:			
The project work is carried out in small groups (approx. 10 people). Ideally, the project should be carried out in cooperation with a company or as part of a research project at THI.			

The project organization is done by the students themselves. The lecturer plays a role as client or coach. At the beginning of the project, the goals are to be named by the lecturer and communicated to the students. The criteria according to which the performance of individual students will be evaluated should also be defined.

The project work is roughly divided into the following steps:

- Literature and patent research
- Problem definition
- Project planning
- Research of funding opportunities
- Research of the market environment
- Research of the technical-economical basic conditions
- Elaboration of the technical solution and business model
- Preparation of the project report and presentation

One goal of the start-up project is the development of a business model for the use of hydrogen as an energy carrier. For this purpose, the market environment and the range of possible funding programs are to be analyzed. The start-up project is accompanied by an offer of selected lectures of the Center of Entrepreneurship (CoE) of the THI.

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- HEMMRICH, Angela und Horst HARRANT, 2007. *Projektmanagement: in 7 Schritten zum Erfolg*. 2. Auflage. ISBN 3446425675
- VANEK, Francis, Louis ALBRIGHT und LARGUS ANGENENT, 2012. *Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation: Evaluation and Implementation*. ISBN 007178778X

Anmerkungen:

Attendance is mandatory for this course.

Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik			
Modulkürzel:	EB_M-WTW	SPO-Nr.:	10
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	Wilde, Peter		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	10: Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnik (EB_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü/PR - Seminaristischer Unterricht/Übung/Praktikum (EB_M-WTW)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (EB_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> • die elektrochemischen Grundlagen der Elektrolyse und Brennstoffzelle • die verschiedenen Typen der Elektrolyseure und Brennstoffzellen mit Ihren Besonderheiten • den Aufbau der Systeme, der Subsysteme und Komponenten • die Rolle der Steuerungstechnik • die Integration von Brennstoffzellen in Anwendungen • die zur Anwendung kommenden Normen und Standards <p>Die Studierenden verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Besonderheiten der verschiedenen Elektrolyseur- und Brennstoffzellentypen, hinsichtlich Dynamik und Einsatzfeldern • die Degradationsmechanismen und Maßnahmen zu ihrer Minimierung • die Wirkungsgraddiskussion der nicht-Carnotschen Wandler • die Haupthürden in der Anwendung und Lösungsansätze • die Kostenstruktur der Systeme und ihre Einbettung in den wirtschaftlichen Kontext 			

Inhalt:

Grundlagen Elektrochemie:

- Vorgänge, Thermodynamik, Kinetik, Katalyse, Wirkungsgrade, experimentelle und Testverfahren.

Wasserstofferzeugung:

- Überblick über Erzeugungsarten – die Farbenlehre

Elektrolyseure und Brennstoffzellen:

- Anwendungsbeispiele, wie stationär, portabel, mobil, Automotive, Flurförderfahrzeuge
- Wirkungsweise
- Typen und Bauformen
- Aufbau und Komponenten, Systembestandteile
- Kennlinien
- Besonderheiten, Dynamik, Steuerung, Lebensdauer
- Gasaufbereitung, ein Wort zur Sicherheit
- Wirtschaftlichkeit, die Wirkungsgraddiskussion
- Anwendungsintegration: z.B. Antriebsstrang, Blockheizkraftwerk, Tankstelle, Regelerneuerteknik
- Industrialisierung: Hersteller, Fertigungskapazitäten, aktuelle Vorhaben
- Normen und Standards
- Herausforderungen und aktuelle Probleme

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- HUGGINS, Robert A., 2016. *Energy Storage: Fundamentals, Materials and Applications* [online]. Cham: Springer International Publishing PDF e-Book. ISBN 978-3-319-21239-5, 978-3-319-21238-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21239-5>.
- KURZWEIL, Peter, 2016. *Brennstoffzellentechnik: Grundlagen, Materialien, Anwendungen, Gaserzeugung* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-14935-2, 978-3-658-14934-5. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-14935-2>.
- STOLTEN, D. und B. EMONTS, 2016. *Hydrogen Science and Engineering*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-67429-9
- GODULA-JOPEK, Agata und Detlef STOLTEN, 2015. *Hydrogen production: by electrolysis*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-33342-4, 978-3-527-67653-8
- LIPMAN, Timothy E., WEBER, Adam Z., 2019. *Fuel cells and hydrogen production* [online]. New York,: Springer PDF e-Book. ISBN 978-1-4939-7789-5, 978-1-4939-7790-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7789-5>.

Anmerkungen:

Bonussystem: Literaturrecherche und Präsentation zu elektrolyse- und brennstoffzellenspezifischen Themenstellungen. Die Bonuspunkte werden auf die Prüfungsleistung angerechnet. Bezogen auf die in der Prüfung erreichbaren Punkt sind maximal 10 Prozent Bonuspunkte möglich. Die Teilnahme am Bonussystem ist freiwillig.

Mechatronik			
Modulkürzel:	Mech_M-WTW	SPO-Nr.:	11
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Göllinger, Harald		
Dozent(in):	Göllinger, Harald		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	11: Mechatronik (Mech_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/PR - Seminaristischer Unterricht/Praktikum		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (Mech_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verwenden die fachspezifische Terminologie sicher, • benennen die Eigenschaften von Sensoren und Aktoren, • können die Eigenschaften eines Mikrocontrollers benennen, • besitzen das mathematische Hintergrundwissen zur Lösung von mechatronischen Problemstellungen • beurteilen die Vor-/ und Nachteile verschiedener Bussysteme, • entwerfen einen zeitdiskreten Regelkreis mit Hilfe der z- Transformation und kennen Techniken, Regler auf einem Mikrocontroller zu implementieren. • wenden gelernte Methoden auf ähnliche Probleme der Mechatronik an, • lösen Aufgaben auch in einer Kleingruppe, und können dabei Fachliches kommunizieren und erklären, • arbeiten sich selbstständig und im Team in Themen der Mechatronik ein und können über diese kompetent diskutieren, • verstehen, wie der eigene Lernstil verbessert werden kann und verstehen, wie die Zusammenarbeit mit anderen verbessert werden kann. 			

Inhalt:

Grundstruktur der Mechatronik

- Definition, Merkmale und Grundprinzipien der Mechatronik

Sensoren

- Klassifikation und Eigenschaften, Signalformen, Signalaufbereitung
- Messkette, integrierte und intelligente Sensorik
- Messung von Weg, Lage, Näherung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Druck, Durchfluss, Temperatur, Licht

Aktoren

- Übersicht, Klassifikation, Eigenschaften, Einsatzbereiche
- Elektromotoren: Gleichstrom, Synchron-, Asynchronmotoren, Schrittmotor

Modellbildung

- Prinzipien der Modellbildung
- Bausteine für die Modellbildung mechanischer, elektrischer, hydraulischer und pneumatischer Systeme

Beobachter

- Theorie des Luenberger-Beobachters
- Einsatz zur Schätzung von Zustandsgrößen

Abtastregelung

- Näherungsweise Lösung mit Hilfe von Differenzenquotienten,
- z-Transformation
- Berücksichtigung des Halteglieds
- Aufbau eines abgetasteten Regelkreises
- Approximation mit Tustin und Euler-Differenzgleichung,
- Entwurf von Reglern unter Berücksichtigung der Stabilität,
- Deadbeat-Controller
- zeitdiskreter Zustandsraum, zeitdiskreter Beobachter

Mikrocontroller

- Aufbau,
- Schnittstellen und A/D-Wandlung
- Implementation einer Abtastregelung im Mikrocontroller

Literatur:*Verpflichtend:*

- RODDECK, Werner, 2019. *Einführung in die Mechatronik*. 6. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-27774-1
- BOLTON, William, 2006. *Bausteine mechatronischer Systeme*. 3. Auflage. München ; Boston <<[u.a.]>>: Pearson Studium. ISBN 978-3-8273-7262-8, 3-8273-7262-3
- BERNSTEIN, Herbert, 2004. *Grundlagen der Mechatronik*. 2. Auflage. Berlin [u.a.]: VDE-Verl.. ISBN 3-8007-2754-4
- ISERMANN, Rolf, 2008. *Mechatronische Systeme: Grundlagen ; mit 103 Tabellen* [online]. Berlin [u.a.]: Springer PDF e-Book. ISBN 3-540-32336-8, 978-3-540-32336-5. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-32512-3>.
- LUTZ, Holger und Wolfgang WENDT, 2021. *Taschenbuch der Regelungstechnik: mit MATLAB und Simulink*. 12. Auflage. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel. ISBN 978-3-8085-5870-6
- UNBEHAUEN, Heinz, LEY, Frank, 2014. *Das Ingenieurwissen: Regelungs- und Steuerungstechnik* [online]. Berlin [u.a.]: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-662-44026-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44026-1>.

Empfohlen:

Keine
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

Numerical Methods and Computational Simulation			
Modulkürzel:	NumMetCS_M-WTW	SPO-Nr.:	12
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Compulsory Subject	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	English	1 semester	only winter term
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	Akgün , Ertan; Diel, Sergej; Horák, Jiří		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	12: Numerical Methods and Computational Simulation (NumMetCS_M-WTW)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - lecture with integrated exercises (NumMetCS_M-WTW)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - written exam, 90 minutes (NumMetCS_M-WTW)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	None		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
None			
Empfohlene Voraussetzungen:			
None			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • can estimate the error of a numerical approximation of derivatives and use a suitable order of approximation for the given application, • understand the influence of the round-off error and conditioning on the numerical solution of linear algebraic equations and can assess which direct or iterative methods are suitable for the given purpose, • recognize the above methods in the finite difference discretization of the heat equation, can explain consistency, stability and convergence, are able to evaluate the merits of the explicit and implicit approaches, • are familiar with simple implementations of the discussed numerical methods in some widely used computer algebra system (e.g. MATLAB) or programming language • are familiar with the mathematical background of the Finite-Volume method • are able to apply different computational methods like Computational Fluid Dynamics and 1D simulation of thermal, hydraulic and chemical processes to problems in renewable energy systems • are able to evaluate and discuss simulation results with respect to theory and experiments 			

Inhalt:
<ul style="list-style-type: none"> • Numerical approximation of derivatives • Numerical solution of large systems of linear algebraic equations, round-off error, • Numerical solution of the linear heat equation • Introduction into numerical flow simulation theory (computational fluid dynamics, CFD) • Finite-volume method and its mathematical background • Application of 3D (reactive) fluid simulation with commercial software • Application of 1D process simulation with commercial software • Theory of computational simulation of thermal, hydraulic and chemical processes • Computational simulation of thermodynamic processes • Application to practical problems (computer lab)
Literatur:
<p><i>Verpflichtend:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • GIL CHAVES, Iván Darío, LÓPEZ, Javier Ricardo Guevara, GARCÍA ZAPATA, José Luis, LEGUIZAMÓN RO-BAYO, Alexander, RODRÍGUEZ NIÑO, Gerardo, 2016. <i>Process analysis and simulation in chemical engineering</i> [online]. Cham: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-319-14812-0. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-319-14812-0. <p><i>Empfohlen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • FERZIGER, Joel H., PERIĆ, Milovan, STREET, Robert L., 2020. <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i> [online]. Cham: Springer International Publishing PDF e-Book. ISBN 978-3-319-99693-6. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99693-6. • FERZIGER, Joel H., PERIĆ, Milovan, STREET, Robert L., 2020. <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i> [online]. Cham: Springer International Publishing PDF e-Book. ISBN 978-3-319-99693-6. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99693-6. • KAJISHIMA, Takeo, TAIRA, Kunihiko, 2017. <i>Computational fluid dynamics: incompressible turbulent flows</i> [online]. Cham: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-319-45304-0. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45304-0. • KAJISHIMA, Takeo, TAIRA, Kunihiko, 2017. <i>Computational fluid dynamics: incompressible turbulent flows</i> [online]. Cham: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-319-45304-0. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45304-0. • ANDERSON, Dale A. und andere, 2021. <i>Computational fluid mechanics and heat transfer</i>. F. Auflage. Boca Raton ; London ; New York: CRC Press, an imprint of Taylor & Francis Group. ISBN 978-0-8153-5712-4, 978-0-3675-6903-7 • MOUKALLED, F., MANGANI, L., DARWISH, M., 2016. <i>The finite volume method in computational fluid dynamics: an advanced introduction with OpenFOAM and Matlab</i> [online]. Cham: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-319-16874-6, 978-3-319-16873-9. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16874-6. • REDDY, Junuthula Narasimha und David K. GARTLING, 2010. <i>The finite element method in heat transfer and fluid dynamics</i>. 3. Auflage. Boca Raton, Fla. [u.a.]: CRC Press, Taylor & Francis. ISBN 978-1-4398-8257-3 • TURYN, Larry, 2014. <i>Advanced engineering mathematics</i>. Boca Raton [u.a.]: CRC Press. ISBN 978-1-4398-3447-3 • STRANG, Gilbert, 2007. <i>Computational science and engineering</i>. Wellesley, Ma.: Wellesley-Cambridge Press. ISBN 978-0-9614088-1-7, 0-9614088-1-2 • STRANG, Gilbert. <i>Mathematical methods for engineers II</i> [online]. [Zugriff am:]. Verfügbar unter: https://ocw.mit.edu/courses/18-086-mathematical-methods-for-engineers-ii-spring-2006/
Anmerkungen:
None

Masterarbeit			
Modulkürzel:	MA_M-WTM	SPO-Nr.:	13
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Pflichtfach	3
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch/Englisch	1 semester	winter and summer term
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):			
Leistungspunkte / SWS:	30 ECTS / 0 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	0 h	
	Selbststudium:	750 h	
	Gesamtaufwand:	750 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	13: Masterarbeit (MA_M-WTM)		
Lehrformen des Moduls:	MA - Masterarbeit (MA_M-WTM)		
Prüfungsleistungen:	Master-Abschlussarbeit (MA_M-WTM)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	None		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Erfolgreiche Absolvierung von Studien- und Prüfungsleistungen von mind. 30 ECTS (siehe §8(2) SPO).			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Alle Theoriemodule sollten besucht und erfolgreich abgeschlossen worden sein, zumindest diejenigen, die in engem Zusammenhang mit dem Thema der Abschlussarbeit stehen.			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Nach dem Abschluss der Masterarbeit sind die Studierenden in der Lage,			
<ul style="list-style-type: none"> • sich selbständig in ein neues Thema einzuarbeiten und über dieses kompetent zu diskutieren • die Methoden des Projektmanagements anzuwenden, Projekte zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren • die Ergebnisse in fachliche und fächerübergreifende Zusammenhänge einzuordnen und sie in Form einer wissenschaftlichen Arbeit darzustellen • komplexe neue Problemstellungen aus dem Bereich der Wasserstofftechnologie und -wirtschaft unter Anwendung der im Studium erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse sowie wissenschaftlichen Methoden und Erkenntnisse innerhalb einer vorgegebenen Frist selbstständig auf hohem wissenschaftlichem Niveau zu bearbeiten 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Analyse der Problemstellung und Abgrenzung des Themas • Literatur-/Patentrecherche 			

<ul style="list-style-type: none">• Formulierung des Untersuchungsansatzes/der Vorgehensweise• Festlegung eines Lösungskonzepts bzw. -wegs• Planung und Erarbeitung der Lösung, Analyse der Ergebnisse• Einordnung der fachlichen und außerfachlichen Bezüge <p>Anwendung wissenschaftlicher Arbeitsweise und Methodik, d.h. systematisch, analytisch und methodisch korrekt vorzugehen, logisch und prägnant zu argumentieren sowie zielorientiert und zeitkritisch zu arbeiten und die Ergebnisse formal korrekt darstellen.</p>
Literatur:
<i>Verpflichtend:</i> Keine <i>Empfohlen:</i> Keine
Anmerkungen:
None

5.2 Individuelles Wahlpflichtmodule

Adaptive Systeme			
Modulkürzel:	Adapt_M-TE	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Müller, Dieter		
Dozent(in):	Müller, Dieter		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Adaptive Systeme (Adapt_M-TE)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (Adapt_M-TE)		
Prüfungsleistungen:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (Adapt_M-TE)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen den Aufbau und die Funktionsweise von Fuzzy-Reglern • können mit einem Simulationsprogramm Eigenschaften von Fuzzy-Reglern testen • kennen den Aufbau und die Funktion von künstlichen neuronalen Netzen • können künstliche neuronale Netze simulieren • kennen Techniken zur Identifikation dynamischer Systeme • können die Parameter dynamischer Systeme mit Hilfe von Identifikationsalgorithmen bestimmen 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Fuzzy Regler • Künstliche neuronale Netze • Maximum Likelihood-Schätzer • Beobachter und erweiterter Beobachter • Kalmanfilter 			

<ul style="list-style-type: none">• Adaptive Reglerkonzepte
Literatur:
<p><i>Verpflichtend:</i> Keine</p> <p><i>Empfohlen:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• LUTZ, Holger und Wolfgang WENDT, 2021. <i>Taschenbuch der Regelungstechnik: mit MATLAB und Simulink</i>. 12. Auflage. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel. ISBN 978-3-8085-5870-6• UNBEHAUEN, Heinz, Band 1, [21992. <i>Regelungstechnik</i>. [7. Auflage. Braunschweig [u.a.]: Vieweg. ISBN 3-528-06469-2• STRIETZEL, Roland, 1996. <i>Fuzzy-Regelung: mit 36 Tabellen</i>. München [u.a.]: Oldenbourg. ISBN 3-486-23359-9
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

Aerodynamische Methoden			
Modulkürzel:	AerodynM_M-LT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Stadlberger , Korbinian		
Dozent(in):	Stadlberger , Korbinian		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Aerodynamische Methoden (AerodynM_M-LT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/PR - Seminaristischer Unterricht/Praktikum (AerodynM_M-LT)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (AerodynM_M-LT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> erhalten einen detaillierten Überblick über numerische Modellierungsmethoden von Profil-, Flügel- und Flugzeugumströmungen sowie über Methoden der experimentellen Aerodynamik sind befähigt, die Stärken und Schwächen von aerodynamischen Modellierungsmethoden für gegebene Strömungsprobleme einzuschätzen sind befähigt, einen aerodynamischen Datensatz zu erstellen und kritisch zu bewerten 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> Grundbegriffe der Aerodynamik inkl. Flügel- und Flugzeugumströmung Numerische Modellierungsmethoden auf Grundlage der Potentialtheorie Numerische Modellierungsmethoden im Bereich CFD Semi-empirische Methoden Experimentelle Aerodynamik im Windkanal Experimentelle Aerodynamik im Flugversuch Behandlung von Strömungsproblemen: 			

- Profilumströmung
- Flügelumströmung
- Flügel-Leitwerk-Kombination
- Flugzeugkonfiguration

Literatur:*Verpflichtend:*

- GERSTEN, Klaus, 1991. *Einführung in die Strömungsmechanik: mit 10 Tabellen und 52 durchgerechneten Beispielen*. 6. Auflage. Braunschweig: Vieweg. ISBN 3-528-43344-2
- SCHLICHTING, Hermann, GERSTEN, Klaus, KRAUSE, Egon, OERTEL, Herbert, MAYES, Katherine, 2017. *Boundary-layer theory* [online]. Berlin ; Heidelberg: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-662-52919-5. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52919-5>.
- SCHLICHTING, Hermann und Erich TRUCKENBRODT, 2001. *Aerodynamik des Flugzeuges*. Berlin: Springer.
- BROCKHAUS, Rudolf, ALLES, Wolfgang, LUCKNER, Robert, 2011. *Flugregelung* [online]. Berlin: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-642-01442-0, 978-3-642-01443-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01443-7>.
- SCHÜTZ, Thomas, 2013. *Hucho - Aerodynamik des Automobils: Strömungsmechanik, Wärmetechnik, Fahrdynamik, Komfort ; mit ... 49 Tabellen* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien PDF e-Book. ISBN 978-3-8348-1919-2, 978-3-8348-2316-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2316-8>.
- ROSSOW, Cord-Christian, 2014. *Handbuch der Luftfahrzeugtechnik: mit 1130 Bildern und 34 Tabellen* [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-42341-1, 3-446-42341-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446436046>.
- THOMAS, Fred, 1984. *Grundlagen für den Entwurf von Segelflugzeugen*. 2. Auflage. Stuttgart: Motorbuch-Verl.. ISBN 3-87943-682-7

Empfohlen:

- KÜCHEMANN, Dietrich, 2012. *The aerodynamic design of aircraft: a detailed introduction to the current aerodynamic knowledge and practical guide to the solution of aircraft design problems*. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics. ISBN 978-1-62198-370-5
- ANDERSON, John David, 2001. *A history of aerodynamics and its impact on flying machines*. R. Auflage. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press. ISBN 0-521-66955-3, 0-521-45435-2
- ANDERSON, John David, 2017. *Fundamentals of aerodynamics*. S. Auflage. New York, NY: McGraw Hill Education. ISBN 978-1-259-12991-9, 978-1-259-25134-4
- OSWATITSCH, Klaus, 1976. *Grundlagen der Gasdynamik*. Wien [u.a.]: Springer. ISBN 3-211-81318-7, 0-387-81318-7
- ZIEREP, Jürgen, 1991. *Ähnlichkeitsgesetze und Modellregeln der Strömungslehre* [online]. Karlsruhe: Braun-Verlag PDF e-Book. ISBN 978-3-662-21597-5, 978-3-7650-2041-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-21597-5>.
- MEIER, Hans-Ulrich und Burghard CIESLA, 2006. *Die Pfeilflügelentwicklung in Deutschland bis 1945: die Geschichte einer Entdeckung bis zu ihren ersten Anwendungen*. Bonn: Bernard & Graefe. ISBN 3-7637-6130-6
- OERTEL, Herbert und P. ERHARD, 2010. *Prandtl-essentials of fluid mechanics*. 3. Auflage. New York, NY [u.a.]: Springer. ISBN 978-1-4419-1563-4, 978-1-4419-1564-1
- WHITFORD, Ray, 1987. *Design for air combat*. 1. Auflage. London: Jane's. ISBN 0-7106-0426-2
- MOIR, Ian, SEABRIDGE, Allan, 2008. *Aircraft systems: mechanical, electrical, and avionics subsystems integration* [online]. New York, NY [u.a.]: Wiley PDF e-Book. ISBN 978-0-470-05996-8, 978-0-470-77093-1. Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470770931>.

Anmerkungen:

Sichere Grundkenntnisse aus dem Bachelor Luftfahrttechnik werden erwartet.
PC-Übungen erfordern Eigeninitiative für den autodidaktischen Lernerfolg

Akustik			
Modulkürzel:	Akust_M-TE	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Bienert, Jörg		
Dozent(in):	Bienert, Jörg		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Akustik (Akust_M-TE)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (Akust_M-TE)		
Prüfungsleistungen:	LN - mündliche Prüfung, 15 Minuten (Akust_M-TE)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen die akustischen Feldgrößen • können Pegel unterschiedlicher Signalarten berechnen • können die Schallwellenausbreitung auf Basis partieller Differenzialgleichungen (auch 3-dimensional) beschreiben • kennen Messverfahren einschließlich digitaler Datenerfassung und deren Frequenzanalyse • können die Anforderungen von Lärmschutz in akustische Messgrößen umsetzen • kennen die psychoakustische Wirkungsweise des Schalls • durchdringen die Schallausbreitung im Kraftfahrzeug und deren Reduktion • verstehen die Wirkungsweise von Schalldämmung und Absorption • verstehen die Beiträge von Kfz-Komponenten zur Gesamtfahrzeugakustik 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen des Schallfelds 			

- Wellenausbreitung
- mathematische Beschreibung mit partiellen Differenzialgleichungen (1D und 3D)
- Elementarstrahler
- Spektrale Darstellungen
- Schallabsorption
- Fahrzeugakustik Grundlagen
- Schallwahrnehmung
- Messtechnik-Körperschall
- Vibroakustik
- Fahrgeräusche
- Akustische Komponenten im Fahrzeug
- Motorgeräusche
- Ladungswechselgeräusch
- Rollgeräusche
- Windgeräusche
- Nebenaggregate
- Störgeräusche
- Zusammenhang mit Schwingungsphänomenen
- weiterführende Mess- und Berechnungsverfahren
- Raumakustik / akustische Prüfräume

Literatur:*Verpflichtend:*

- SINAMBARI, Gholam Reza, SENTPALI, Stefan, 2020. *Ingenieurakustik: physikalische Grundlagen, Anwendungsbeispiele und Übungen* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-27289-0. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27289-0>.
- MÖSER, Michael, 2015. *Technische Akustik* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg PDF e-Book. ISBN 978-3-662-47704-5, 978-3-662-47703-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47704-5>.
- GENUIT, Klaus, 2010. *Sound-Engineering im Automobilbereich: Methoden zur Messung und Auswertung von Geräuschen und Schwingungen* [online]. Berlin ; Heidelberg: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-642-01414-7, 978-3-642-01415-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01415-4>.
- ZELLER, Peter, 2018. *Handbuch Fahrzeugakustik: Grundlagen, Auslegung, Berechnung, Versuch*. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-18519-0

Empfohlen:

Keine

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen

Autonomes Fliegen			
Modulkürzel:	AutFlieg_FW_LT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Elsbacher, Gerhard		
Dozent(in):	Elsbacher, Gerhard; Salamat, Babak		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Autonomes Fliegen (AutFlieg_FW_LT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (AutFlieg_FW_LT)		
Prüfungsleistungen:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (AutFlieg_FW_LT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • haben einen Überblick über Aufbau und Architekturen von UAVs (sowohl x-Copter als auch hybride Varianten) • kennen die Grundlagen des autonomen Fliegens • lernen eine 6DOF flugmechanische Simulation eines UAVs mit modernen Simulationswerkzeugen aufbauen, Simulationsszenarien definieren und Simulationen durchführen. • kennen die Grundlagen der Eigenortung und der Sensorik (z.B. GPS, IMU, Höhenmesser) • lernen die Grundlagen der Sensordatenfusion mit Kalman Filter • lernen die Grundlagen der Umfelderkennung (Verfahren, Sensoren, Architekturen) • sind in der Lage eine einfache Flugzustandsregelung und eine Pfadplanung für ein UAV auszulegen • arbeiten sich selbstständig und im Team in Themen des autonomen Fliegens ein und können über diese kompetent diskutieren 			

Inhalt:

Über die letzten Jahre haben UAVs (z.B. Quadcopter, ...) enorm an Bedeutung gewonnen. Das Anwendungsspektrum reicht von professionellen Luftaufnahmen über visuelle Inspektion von Industrieanlagen bis hin zur Paketauslieferung. Jedoch bedarf es zur Steuerung eines UAV eines erfahrenen Piloten und während des Flugs dessen ständige Aufmerksamkeit. Deshalb gibt es starkes Interesse nach Lösungsansätzen, die einen sicheren autonomen Flug ermöglichen. Dies setzt jedoch voraus, dass alle benötigte Sensorik und Rechenpower auf dem UAV mitgeführt werden muss, der nur über eine sehr beschränkte Nutzlast verfügt, was zu starken Einschränkungen führt.

Dieser Kurs führt in die Grundlagen des autonomen Fliegens von UAVs ein. Hierzu werden folgende Themengebiete abgedeckt:

- Überblick und Architekturen autonomer Systeme (UAV's)
- 3D Physik und Simulation von UAVs
- Navigation – Grundlagen, Verfahren, Sensoren, Sensordatenfusion
- Regelung und Pfadplanung (Konzepte, Prinzipien, Algorithmen und Auslegung)
- Umfelderkennung (Perception) – Verfahren und Konzepte maschinelles Sehen; Sensoren: LIDAR, Kamera, Ultraschall;

Literatur:*Verpflichtend:*

- BROCKHAUS, Rudolf, ALLES, Wolfgang, LUCKNER, Robert, 2011. *Flugregelung* [online]. Berlin: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-642-01442-0, 978-3-642-01443-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01443-7>.
- GARG, Pulin K, 2021. *Unmanned Aerial Vehicle*. Dulles: Mercury Learning and Information LCC. ISBN 978-1-68392-709-9
- CASTILLO, Pedro, Rogelio LOZANO und Alejandro E. DZUL, . *Modelling and Control of Mini-Flying Machines*. London: Springer. ISBN 1852339578

Empfohlen:

- MARSHALL, Douglas M, 2021. *Introduction to unmanned aircraft systems*. T. Auflage. ISBN 978-0-367-36659-9

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen

DOE / Datenanalyse			
Modulkürzel:	DOEDat_M-FT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Horák, Jiří		
Dozent(in):	Horák, Jiří		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	79 h	
	Gesamtaufwand:	126 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: DOE / Datenanalyse (DOEDat_M-FT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (DOEDat_M-FT)		
Prüfungsleistungen:	mdIP - mündliche Prüfung 15 - 30 Min. (DOEDat_M-FT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Noch zu bestimmen			
Inhalt:			
Noch zu bestimmen			
Literatur:			
<i>Verpflichtend:</i>			
Keine			
<i>Empfohlen:</i>			
Keine			
Anmerkungen:			
Keine Anmerkungen			

Entrepreneurship Coaching			
Modulkürzel:	MVM_EC	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Bader, Martin		
Dozent(in):	Bader, Martin		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	79 h	
	Gesamtaufwand:	126 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Entrepreneurship Coaching (MVM_EC)		
Lehrformen des Moduls:	S - Seminar (MVM_EC)		
Prüfungsleistungen:	LN - Projektarbeit (MVM_EC)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Dieses Modul ist für alle Master-Studiengänge der THI geöffnet, soweit im Modulhandbuch des jeweiligen Studiengangs angeboten.		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Entweder ist bereits eine Geschäftsidee vorhanden oder die Studierenden interessieren sich für Themenvorschläge des Dozenten.			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>After successful participation in the module course, students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • analyze customer and market needs on basis of advanced design thinking approaches, • develop and assess a business idea on this basis and apply it to a consistent business model, • identify and analyze key success factors for implementation, • prepare and apply implementation on basis of a minimal viable product approach, • apply the agile business development, prototype testing and lean startup methods and integrate the principles of entrepreneurial thinking in business and leadership, • prepare participation in a business plan competition at graduate level and to meet the specific challenges, <p>successfully integrate the listed competencies with the content of other modules from their degree program and develop new, overarching approaches.</p>			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Ideation 			

- Value Proposition Design
- Business Model Canvas
- Business Model Innovation
- Minimal Viable Product & Preto-/Prototyping
- Business Planning

Literatur:*Verpflichtend:*

- AULET, Bill, Thomas DEMMIG und Marius URSACHE, 2013. *Disciplined entrepreneurship: 24 steps to a successful startup*. Hoboken, NJ: Wiley. ISBN 978-1-118-69228-8, 978-1-118-72088-2
- BAYSTARTUP GmbH, 2022. Handbuch Businessplan-Erstellung, Der Weg zum erfolgreichen Unternehmen. [online]. <https://www.bay-startup.de/startups/handbuch-businessplan-erstellung>: BayStartUP GmbH, 18.07.2022 [Accessed on: 18.07.2022]. Available via: https://www.bay-startup.de/fileadmin/Dokumente/Downloads/Handbuch_Businessplan_Erstellung.pdf

Empfohlen:

- KAWASAKI, Guy, 2015. *The art of the start 2.0: The time-tested, battle-hardened guide for anyone starting anything*. London: Portfolio Penguin. ISBN 978-0-241-18726-5, 978-1-59184-811-0
- RIES, Eric, 2017. *The lean startup: how today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. New York: Currency. ISBN 978-1-5247-6240-7
- FUEGLISTALLER, Urs, FUST, Alexander, MÜLLER, Christoph, MÜLLER, Susan, ZELLWEGGER, Thomas, 2019. *Entrepreneurship: Modelle – Umsetzung – Perspektiven : Mit Fallbeispielen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz* [online]. Wiesbaden: Springer Gabler PDF e-Book. ISBN 978-3-658-26800-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26800-8>.
- GASSMANN, Oliver, Karolin FRANKENBERGER und Michaela CSIK, 2017. *Geschäftsmodelle entwickeln: 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator*. 2. Auflage. München: Hanser. ISBN 978-3446451759
- GASSMANN, Oliver, Karolin FRANKENBERGER und Michaela CHOUDURY, 2020. *Business Model Navigator: The Strategies Behind the Most Successful Companies*. 2. Auflage. Harlow: Pearson. ISBN 978-1292327129
- OSTERWALDER, Alexander und Yves PIGNEUR, 2010. *Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer*. ISBN 978-3-593-39474-9

OSTERWALDER, Alexander und Yves PIGNEUR, 2014. *Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want*. ISBN 978-1118968055

Anmerkungen:

Coaching is carried out (where possible) in cooperation with a business partner as a business mentor. Through this co-operation, each team receives a business mentor in addition to support from the THI lecturer.

Project work

The aim is, among other things, to use the various media in the further development of business models and for the final presentation.

Fahrzeugstrukturauslegung			
Modulkürzel:	Fzstraus_M-FT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Kessler, Jörg		
Dozent(in):	Kessler, Jörg		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Fahrzeugstrukturauslegung (Fzstraus_M-FT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (Fzstraus_M-FT)		
Prüfungsleistungen:	mdIP - mündliche Prüfung 15 - 30 Min. (Fzstraus_M-FT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> erwerben vertiefte Kenntnisse in ausgewählten Kapiteln der höheren Technischen Mechanik mit praxisorientierten Beispielen aus der Karosserietechnik erlangen vertieftes Verständnis für anwendungsorientierte Leichtbauformeln durch Herleitung und Beurteilung der Berechnungsmethodik – vom Kontinuum zum Leichtbauträger - können modellbeherrschende Gleichungen von Leichtbauträgern wissenschaftlich anwenden können geeignete Füge- und Verbindungsarten aktueller Karosseriebauweisen beurteilen und auswählen können zukünftige Fahrzeugkonzepte und Entwicklungen kompetent diskutieren 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> Tragwerksberechnung und Auslegung, Strukturoptimierung, lastoptimierte Gestaltung und Dimensionierung von Leichtbauträgern 			

<ul style="list-style-type: none">• Behandlung ebener und gekrümmter Flächentragwerke, Herleitung und Anwendung partieller Differentialgleichungen mit Fokus auf Platte, Scheibe, schwach gekrümmten Schalen folgend der höheren technischen Mechanik• Bewertung und Auslegung von Leichtbaustrukturen hinsichtlich des Stabilitätsversagens von Balkensystemen, Knicken, Kippen, Stabilitätsversagen von dünnwandigen Flächentragwerken, Zylinderschale unter Axialdruck• Ausgewählte Füge- und Verbindungstechniken für Leichtbaukonstruktionen mit besonderem Schwerpunkt auf Fahrzeugtechnik (Löt- und Schweißverbindungen, Nietverbindungen, Umformtechnisches Fügen, Kombiniertes Fügen, Direktverschraubung etc)
Literatur:
<p><i>Verpflichtend:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• GODULA-JOPEK, Agata, JEHLE, Walter, WELLNITZ, Jörg, 2012. <i>Hydrogen storage technologies: new materials, transport, and infrastructure</i> [online]. Weinheim: Wiley-VCH PDF e-Book. ISBN 978-3-527-64992-1, 978-3-527-64994-5. Verfügbar unter: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527649921.• PFLÜGER, Alf, 1981. <i>Elementare Schalenstatik</i> [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg PDF e-Book. ISBN 978-3-642-52216-1, 978-3-642-52217-8. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-642-52216-1.• KLEIN, Bernd, GÄNSICKE, Thomas, 2019. <i>Leichtbau-Konstruktion: Dimensionierung, Strukturen, Werkstoffe und Gestaltung</i> [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-26846-6. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-26846-6. <p><i>Empfohlen:</i></p> <p>Keine</p>
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

Flugzeugstrukturentwurf			
Modulkürzel:	FlzgStrukentw_M-LT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Burger, Uli		
Dozent(in):	Burger, Uli; König, Ludwig		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Flugzeugstrukturentwurf (FlzgStrukentw_M-LT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (FlzgStrukentw_M-LT)		
Prüfungsleistungen:	SA - Seminararbeit mit mündlicher Prüfung (15min) und schriftlicher Ausarbeitung (8-15 Seiten) (FlzgStrukentw_M-LT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach der Teilnahme an den Veranstaltungen sind die Teilnehmer in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • multidisziplinäre Entwurfsmethoden anzuwenden • die Hauptentwurfsparameter von Verkehrsflugzeugen zu berechnen und zu analysieren • passende Flugzeugkonfigurationen für die Entwurfsaufgabe auszuwählen und zu analysieren • die Gestaltungselemente von Passagierkabinen zu definieren • die Familienbildung von Verkehrsflugzeugen durchzuführen • eine zur Entwurfsaufgabe passende Antriebstechnik und -integration auszulegen und zu analysieren • einfache Wirtschaftlichkeitsmodelle für kommerzielle Flugzeugen zu erstellen <p>Darüber hinaus erarbeiten sich die Teilnehmer das Wissen und die Fähigkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zu ausgewählten Themen der Flugzeugzulassung • zum Stand der Technik im kommerziellen Flugzeugbau • zur Erarbeitung von Kompetenzen zum zielgerichteten Arbeiten im Team • zur professionellen Präsentation von Projektergebnissen 			

Des Weiteren erhalten die Studierenden Einblick in relevante Rahmenbedingungen für den Flugzeugentwurf hinsichtlich gesellschaftlicher Gesichtspunkte wie z.B. Umweltschutz und Nachhaltigkeit.
Inhalt:
<ul style="list-style-type: none">• Stand der Technik im kommerziellen Flugzeugbau - Trendbetrachtungen, Verkehrsträgervergleiche, Wirtschaftlichkeitsaspekte, Auslegungsrichtlinien, Einführung in die Entwurfsproblematik, Grundlagen der Entwurfsaerodynamik, Durchführung von Parameterstudien zur Auslegung eines konkreten Flugzeugs, Anfertigung einer Marktanalyse, Festlegung der Entwurfsaufgabe, Gestaltung der Flugzeugkonfiguration, detaillierte Transportraumgestaltung.• Erlernen von Selbstorganisation und Aufgabendurchführung im Team.
Literatur:
<p><i>Verpflichtend:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• TORENBEEK, Egbert, 2010. <i>Synthesis of subsonic airplane design: an introduction to the preliminary design of subsonic general aviation and transport aircraft, with emphasis on layout, aerodynamic design, propulsion and performance</i>. R. Auflage. Dordrecht [u.a.]: Kluwer. ISBN 978-90-481-8273-2• RAYMER, Daniel P., 2012. <i>Aircraft design: a conceptual approach</i>. 5. Auflage. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics. ISBN 978-1-60086-911-2, 1600869114• JENKINSON, Lloyd R., Paul SIMPKIN und Darren RHODES, 2003. <i>Civil jet aircraft design</i>. 1. Auflage. Oxford [u.a.]: Butterworth Heinemann. ISBN 0-340-74152-X• Aktuelle Journalbeiträge: Flight International, Aircraft Interiors International,... <p><i>Empfohlen:</i></p> <p>Keine</p>
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

Getriebe			
Modulkürzel:	Getriebe_M-TE	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Perponcher, Christian von		
Dozent(in):	Perponcher, Christian von; Suchandt, Thomas		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Getriebe (Getriebe_M-TE)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (Getriebe_M-TE)		
Prüfungsleistungen:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (Getriebe_M-TE)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> • kennen Getriebe für unterschiedliche stationäre und mobile Anwendungen • können auch komplexe Getriebestrukturen zielgerichtet analysieren und synthetisieren • können Verzahnungen auslegen und die Tragfähigkeit rechnerisch belegen • können die Qualität von Verzahnungen bewerten • kennen die Schadensbilder an Getrieben und die jeweiligen Ursachen 			
Inhalt:			
Getriebekonzepte			
<ul style="list-style-type: none"> • Bauarten von Industrie-, Anlagen- und Fahrzeuggetrieben • Auslegung von Getrieben • Verzahnungsberechnung • Verzahnungstoleranzen • Herstellung von Verzahnungen 			

<ul style="list-style-type: none">• Schadensbilder an Getrieben Praktikum
Literatur:
<i>Verpflichtend:</i> Keine <i>Empfohlen:</i> <ul style="list-style-type: none">• NIEMANN, G. und H. WINTER, 1989. <i>Maschinenelemente Bd. 2.</i> 2. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer. ISBN 978-3540111498• NAUNHEIMER, Harald, Bernd BERTSCHE und Gisbert LECHNER, 2007. <i>Fahrzeuggetriebe: Grundlagen, Auswahl, Auslegung und Konstruktion ; 85 Tabellen.</i> 2. Auflage. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 978-3-540-30625-2• RIEG, Frank et al., 2014. <i>Maschinenelemente.</i> 14. Auflage. München: Carl Hanser.
Anmerkungen:
Im Rahmen der Vorlesung sind Gastvorträge vorgesehen

Homologation			
Modulkürzel:	WHom_M-FT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Waltz, Manuela		
Dozent(in):	Hasler, Dirk		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		47 h
	Selbststudium:		78 h
	Gesamtaufwand:		125 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Homologation (WHom_M-FT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (WHom_M-FT)		
Prüfungsleistungen:	LN - mündliche Prüfung, 15 Minuten (WHom_M-FT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> erwerben vertieftes Verständnis der Grundbegriffe und Methoden der Typprüfung PKW/Straßenfahrzeuge können die homologationsrelevanten Arbeitsschritte in den Gesamtentwicklungsprozess einordnen erlangen ein Grundverständnis und erhalten eine Übersicht zu den homologationsrelevanten Regulierungen überblicken die unterschiedlichen Verfahren der Typprüfung USA, China und Europa 			
Inhalt:			
<p>Vermittlung wesentlicher Abläufe und Inhalte der Zulassungsverfahren für Personenkraftwagen. Die von den Zulassungsbehörden erteilte Typpgenehmigung ist zentrale Grundlage für den Verkauf und den Betrieb von PKW in den weltweiten Märkten. Bereits in den frühen Schritten des Entwicklungsprozesses müssen homologationsrelevante Kriterien berücksichtigt und verfolgt werden. Die mit Homologation befassten Entwicklungsabteilungen arbeiten deshalb in einem interdisziplinären Feld aus technischer Fahrzeugentwicklung, rechtlichen Begrifflichkeiten und spezifischen Anforderungen der Märkte.</p>			

Literatur:
<i>Verpflichtend:</i> <ul style="list-style-type: none">• Diverse Entwicklungshandbücher enthalten i.d.R. auch Ausführungen zur Typenzulassung/Homologation; spezielle Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.• SIEBERT, Nils und andere, Juli 2021. <i>Die Genehmigungsverfahren für Kraftfahrzeuge: Typgenehmigung, Einzelgenehmigung, Marktüberwachung, Zulassung</i>. 2. Auflage. Bonn: Kirschbaum. ISBN 978-3-7812-2092-8, 3-7812-2092-3
<i>Empfohlen:</i> Keine
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

Langzeitverhalten der Werkstoffe			
Modulkürzel:	LZVWkst_M_WT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Tetzlaff, Ulrich		
Dozent(in):	Tetzlaff, Ulrich		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Langzeitverhalten der Werkstoffe (LZVWkst_M_WT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/PR - Seminaristischer Unterricht/Praktikum (LZVWkst_M_WT)		
Prüfungsleistungen:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (LZVWkst_M_WT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Hauptuntersuchungsgebiete der langfristigen Werkstoffschädigung bei metallischen Werkstoffen (Kriechen und Ermüdung) • kennen und verwenden die fachspezifische Terminologie sicher • können Versuchssysteme beschreiben und mögliche Einflussgrößen auf das Materialverhalten identifizieren • den Einfluss der Umweltbedingungen auf das Materialverhalten erklären und diskutieren • lernen verschiedenen Methoden zur Lebensdauerabschätzungen kennen • lernen Möglichkeiten kennen, das Auftreten langfristiger Werkstoffschädigung zu verzögern • kennen den Aufbau und die Funktionsweise von verschiedenen Materialprüfgeräten • wenden gelernte Methoden auf Problemstellungen im Praktikum an • lösen Aufgaben einzeln oder in Kleingruppen • diskutieren und interpretieren im Team die aus selbständig durchgeführten Versuchen gewonnenen Daten 			

<ul style="list-style-type: none"> • können wissenschaftlich arbeiten und Ergebnisse präsentieren
Inhalt:
<p>Kriechen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersicht über Kriechmechanismen • Gleichungen zur Beschreibung des Kriechverhaltens • Interpretation von Versuchsergebnissen • Verschiedene theoretische und empirische Methoden der Lebensdauerabschätzung • Strategien zur Reduzierung der Kriechverformung Ermüdung: • Low Cycle Fatigue und High Cycle Fatigue • Übersicht der Ermüdungsmechanismen • Übersicht der Ermüdungsfestigkeit in Abhängigkeit verschiedener Parameter • Mathematische Beschreibung des Ermüdungsverhaltens • Einfluss der Mikrostruktur auf die Ermüdungseigenschaften metallischer Werkstoffe • Probeneinflüsse auf die Anrissbildung
Literatur:
<p><i>Verpflichtend:</i></p> <p>Keine</p> <p><i>Empfohlen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • EVANS, Russell W. und Brian WILSHIRE, 1993. <i>Introduction to creep</i>. London: Inst. of Materials. ISBN 0-901462-64-0 • MAIER, Hans Jürgen, Thomas NIENDORF und Ralf BÜRCEL, 2019. <i>Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik: Grundlagen, Werkstoffbeanspruchungen, Hochtemperaturlegierungen und -beschichtungen</i>. 6. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-25313-4 • CHRIST, Hans-Jürgen, 2009. <i>Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe</i>. 2. Auflage. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-31340-2, 3-527-31340-0 • SURESH, S., 1998. <i>Fatigue of materials</i>. 2. Auflage. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press. ISBN 0-521-57046-8, 0-521-57847-7
Anmerkungen:
<p>Keine Anmerkungen</p>

Metallische Leichtbauwerkstoffe			
Modulkürzel:	MetLb_M-WR	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Kerschenlohr, Annegret		
Dozent(in):	Kerschenlohr, Annegret		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	79 h	
	Gesamtaufwand:	126 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Metallische Leichtbauwerkstoffe (MetLb_M-WR)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (MetLb_M-WR)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (MetLb_M-WR)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen den Aufbau von metallischen Werkstoffen für den Leichtbau und für Hochtemperaturanwendungen • können mit diesen Kenntnissen die mechanischen und die physikalische Eigenschaften der Werkstoffe erklären und auf Anwendungen schließen • kennen Hochleistungswerkstoffe aus der Natur und können Potentiale für technische Werkstoffe ableiten 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau, Eigenschaften und Anwendungen von ausgewählten Konstruktionswerkstoffen für den Leichtbau und Hochtemperaturanwendungen • Einfluss von Legierungselementen in diesen Werkstoffsystemen auf Struktur- und Gefügeausbildung sowie die resultierenden Eigenschaften • Aufbau und Eigenschaften von Materialien aus der Natur und Übertrag auf technische Hochleistungswerkstoffe 			

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- KAMMER, Catrin, 2009. *Aluminium-Taschenbuch*. 16. Auflage. Düsseldorf: Alu Media GmbH. ISBN 978-3-942486-10-1, 978-3-87017-295-4
- KAMMER, Catrin, 2000. *Magnesium-Taschenbuch: Mg*. 1. Auflage. Düsseldorf: Aluminium-Verl.. ISBN 3-87017-264-9
- MAIER, Hans Jürgen, Thomas NIENDORF und Ralf BÜRCEL, 2019. *Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik: Grundlagen, Werkstoffbeanspruchungen, Hochtemperaturlegierungen und -beschichtungen*. 6. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-25313-4
- PETERS, Manfred, 2002. *Titan und Titanlegierungen* [online]. Weinheim: Wiley-VCH PDF e-Book. ISBN 978-3-527-61108-9. Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527611089>.
- OETTEL, Heinrich, 2025. *Schumann Metallografie*. 16. Auflage. ISBN 978-3-527-35106-0

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen

Unfallrekonstruktion			
Modulkürzel:	UnfRek_M-FT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Helmer, Thomas		
Dozent(in):	König, Thomas; Paula, Daniel; Stephan, Mario		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	79 h	
	Gesamtaufwand:	126 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Unfallrekonstruktion (UnfRek_M-FT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (UnfRek_M-FT)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (UnfRek_M-FT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • lernen das gesamte Spektrum des Arbeitsgebiets der Verkehrsunfallrekonstruktion kennen • erlernen klassische und moderne Methoden der Verkehrsunfallaufnahme • lernen die mathematischen / physikalischen Grundlagen der Kollisionsanalyse • bekommen einen Einblick in biomechanische Grundlagen der Unfallrekonstruktion • erarbeiten den Leistungsumfang des Rekonstruktionsprogramms PC-Crash und können es auf „Anfängerniveau“ bedienen • kennen die Einflüsse von Fahrerassistenzsystemen und Elektrofahrzeugen auf die Rekonstruktion eines Verkehrsunfalls • kennen digitale Spuren in Fahrzeugen und erhalten einen Einblick in die Interpretation und Verwendung bei der Unfallrekonstruktion 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Klassische Methoden der Unfallaufnahme und Unfallrekonstruktion • Fahrerassistenzsysteme, automatisierte Fahrfunktionen und Elektrofahrzeuge in der Unfallanalyse 			

- Schadenkompatibilität und Bemerkbarkeit von Kleinkollisionen
- Digitale Unfallspuren und ihre Verwendung bei der Unfallrekonstruktion
- Weg-Zeit-Diagramm, Wurfweiten, Wegschränken, Stoßmodell nach Slibar
- PC-Crash-Schulung zu Pkw-Pkw-, Fußgängerunfällen sowie zu Insassensimulation

Literatur:*Verpflichtend:*

- BURG, Heinz, MOSER, Andreas, 2017. *Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion: Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-16143-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16143-9>.
- HUGEMANN, Wolfgang und Mark BENECKE, . *Unfallrekonstruktion*. [Münster]: Verl. Autorensteam. ISBN 3-00-019419-3
- KRAMER, Florian, 2013. *Integrale Sicherheit von Kraftfahrzeugen: Biomechanik - Simulation - Sicherheit im Entwicklungsprozess* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien PDF e-Book. ISBN 978-3-8348-2608-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2608-4>.
- JOHANNSEN, Heiko, 2013. *Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion: Grundlagen der Unfallaufklärung* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien PDF e-Book. ISBN 978-3-658-01594-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-01594-7>.
- SCHÖNEBURG, Rodolfo, 2023. *Integrale Sicherheit von Kraftfahrzeugen: Biomechanik – Unfallvermeidung – Insassenschutz – Sensorik – Sicherheit im Entwicklungsprozess* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden PDF e-Book. ISBN 978-3-658-42806-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-42806-8>.

Empfohlen:

Keine

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen

Werkstoff- und Schadensanalytik			
Modulkürzel:	WkstSchadAnaly_M-WT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	2
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Oberhauser, Simon		
Dozent(in):	Oberhauser, Simon; Tetzlaff, Ulrich		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Werkstoff- und Schadensanalytik (WkstSchadAnaly_M-WT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (WkstSchadAnaly_M-WT)		
Prüfungsleistungen:	LN - mündliche Prüfung, 15 Minuten (WkstSchadAnaly_M-WT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen grundlegende werkstofftechnische Untersuchungsmethoden und können diese anwenden • kennen die Grundlagen der Schadensanalyse bei metallischen Bauteilen • kennen verschiedenen Untersuchungsverfahren und können diese anwenden • planen und führen eigenständig eine Schadensanalyse durch • wenden bereits Erlerntes und Bekanntes aus dem Bachelorstudium auf Schadensfälle an • bewerten Untersuchungsergebnisse, diskutieren diese und fassen diese zusammen • arbeiten Berichte/Präsentationen aus • verbessern ihre Präsentationstechnik bei der Vorstellung von Zwischenergebnissen • lernen in der Gruppe zusammen zu arbeiten, Untersuchungen zu planen und den Ablauf im Rahmen der Gruppenarbeit zu organisieren 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Einarbeiten in Untersuchungsmethoden (Metallographie, Legierungsanalyse, Elektronenmikroskopie, Röntgenbeugung, Fraktographie, etc.) zur Schadensanalytik 			

- Vorgehensweise bei einer Schadensanalyse
- Selbstständige Anwendung der Untersuchungsmethoden
- Instandhaltungsverfahren
- Reparaturmaßnahmen
- Aus Fehlern lernen: Abhilfemaßnahmen und Risikomanagement

Literatur:*Verpflichtend:*

Keine

Empfohlen:

- BÜRGEL, Ralf, RICHARD, Hans Albert, RIEMER, Andre, 2014. *Werkstoffmechanik: Bauteile sicher beurteilen und Werkstoffe richtig einsetzen* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-658-03935-6, 978-3-658-03934-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03935-6>.
- NEIDEL, A. und andere, 2010. *Handbuch Metallschäden - REM-Atlas und Fallbeispiele zur Ursachenanalyse und Vermeidung*. München: Hanser.
- SCHMITT-THOMAS, Karlheinz G., 2005. *Integrierte Schadenanalyse: Technikgestaltung und das System des Versagens*. 2. Auflage. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 3-540-20551-9
- LANGE, G., 2005.. *Systematische Beurteilung technischer Schadensfälle*.
- , . *VDI Gesellschaft Werkstofftechnik: VDI Richtlinien Schadensanalytik*.
- BROOKS, Charlie R. und Ashok CHOUDHURY, 2002. *Failure analysis of engineering materials*. New York [u.a.]: McGraw-Hill. ISBN 0-07-135758-0
- OETTEL, H., 2011. *Metallografie*. 15. Auflage.
- BIERMANN, Horst und L. KRUGER, 2015. *Moderne Methoden der Werkstoffprüfung*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-33413-1, 3-527-33413-0
- LENG, Y., 2013. *Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods*. 2. Auflage.
- HORNBOGEN, E. und B. SKROTZKI, 2009. *Mikro-und Nanoskopie der Werkstoffe*. 3. Auflage.
- HEINE, B., 2015. *Werkstoffprüfung: Ermittlung der Eigenschaften metallischer Werkstoffe*. 3. Auflage.

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen

Werkstofftechnologie			
Modulkürzel:	Wtech_M-WR	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodule	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Kerschenlohr, Annegret		
Dozent(in):	Kerschenlohr, Annegret		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	79 h	
	Gesamtaufwand:	126 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Werkstofftechnologie (Wtech_M-WR)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (Wtech_M-WR)		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (Wtech_M-WR)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> erwerben grundlegende Kenntnisse der metallurgischen Vorgänge bei spanlosen Fertigungsverfahren erkennen die metallurgischen Zusammenhänge der verschiedenen spanlosen Fertigungsverfahren können dazu beitragen, Fertigungsprozesse, durch ressourcenschonende Maßnahmen im Prozess und bei der Werkstoffauswahl, zu optimieren 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften, Qualität und Erstarrung von metallischen Schmelzen sowie deren Gefügeausbildung in Abhängigkeit von Prozessgrößen beim Formguss und bei der Einkristallherstellung Eigenschaften von metallischen Pulvern, Sintervorgänge bzw. Schmelzvorgänge und Gefügeausbildung im Rahmen der Pulvermetallurgie und der additiven Fertigung in Abhängigkeit von typischen Prozessgrößen 			
Literatur:			
<i>Verpflichtend:</i>			

Keine

Empfohlen:

- CAMPBELL, John, 2003. *Castings*. ISBN 0-7506-4790-6
- SCHATT, Werner, . *Pulvermetallurgie, Technologien und Werkstoffe*. ISBN 978-3-540-23652-8
- KÖNIG, Wilfried, . *Fertigungsverfahren*. ISBN 978-3-662-54728-1

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen

CFD			
Modulkürzel:	CFD_M-FT	SPO-Nr.:	
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Einsetzungstext ist leer!	1
Schwerpunkte:			
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Modulverantwortliche(r):	Költzsch, Konrad		
Dozent(in):	Költzsch, Konrad		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	CFD (CFD_M-FT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (CFD_M-FT)		
Prüfungsleistungen:	SA - Seminararbeit (CFD_M-FT)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Teilnehmer in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • ihre vertieften Kenntnisse der Strömungssimulation und der Finiten Elemente Methode sowie ihrer mathematischen Grundlagen wiederzugeben, • die Strömung anhand eines selbst gewählten oder vorgegebenen Anwendungsbeispiels (durch- oder umströmter Körper, z.B. Um- und Durchströmung eines Fahrzeugs) mittels des CFD-Softwarepakets OpenFOAM zu simulieren, • die FEM auf verschiedene Problemstellungen in der Fahrzeugtechnik, z.B. Crashberechnung, gekoppelte thermo-elastische oder nichtlineare Problemstellungen, Dynamik und Optimierung, anzuwenden, • komplexe Simulationsaufgaben in CFD und FEM in strukturierter Weise zu bearbeiten, Fehler im Berechnungsablauf zu erkennen und zu beseitigen, abweichende Ergebnisse gegenüber selbst recherchierten oder erzeugten Vergleichsdaten zu beurteilen, alles zu dokumentieren, zu präsentieren und im wissenschaftlich-technischen Umfeld kompetent zu diskutieren, • das zielgerichtete Arbeiten in der Regel im Team zu üben (soziale Kompetenz). 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Datenbeschaffung, gegebenenfalls mit 3D-Scanner 			

- CAD-Datenbereinigung und -import, Oberflächen- und Volumenvernetzung
- Auswahl Solver, Rand- und Anfangsbedingungen, Turbulenzmodell
- Strömungsvisualisierung und Plausibilisierung der Ergebnisse
- Konvergenz-, Netzfeinheitsstudie und Validierung, Parameterstudie
- Praktika (z.B. „cavity flow“, Motorrad mit RANS)
- Literaturrecherche zum eigenen Anwendungsbeispiel
- gegebenenfalls eigenes Experiment im Windkanal oder Hydraulikprüfstand erforderlich

Literatur:*Verpflichtend:*

- Ohne Autor. *OpenFOAM UserGuide* [online]. [Zugriff am:]. Verfügbar unter: <https://cfd.direct/open-foam/user-guide/>
- Ohne Autor. *Greenshields & Weller (2022) Notes on Computational. CFD Direct Ltd. Reading, GB. Fluid Dynamics: General Principles* [online]. [Zugriff am:]. Verfügbar unter: <https://doc.cfd.direct/notes/cfd-general-principles/index>

Empfohlen:

- FERZIGER, Joel H., PERIĆ, Milovan, STREET, Robert L., 2020. *Numerische Strömungsmechanik* [online]. Berlin: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-662-46544-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46544-8>.
- LAURIEN, Eckart und Herbert OERTEL, 2018. *Numerische Strömungsmechanik: Grundgleichungen und Modelle – Lösungsmethoden – Qualität und Genauigkeit*. 6. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-21059-5, 3-658-21059-1
- WENDT, John F. und John David ANDERSON, 2010. *Computational fluid dynamics: an introduction*. 3. Auflage. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 978-3-642-09873-4
- SCHWARZE, Rüdiger, 2013. *CFD-Modellierung: Grundlagen und Anwendungen bei Strömungsprozessen* [online]. Berlin ; Heidelberg: Springer Vieweg PDF e-Book. ISBN 978-3-642-24378-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24378-3>.
- MOUKALLED, F., MANGANI, L., DARWISH, M., 2016. *The finite volume method in computational fluid dynamics: an advanced introduction with OpenFOAM and Matlab* [online]. Cham: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-319-16874-6. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16874-6>.
- LECHELER, Stefan, 2018. *Numerische Strömungsberechnung: Schneller Einstieg in ANSYS CFX 18 durch einfache Beispiele* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden PDF e-Book. ISBN 978-3-658-19192-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19192-4>.
- MARIĆ, Tomislav, Jens HÖPKEN und Kyle MOONEY, 2014. *The OpenFOAM technology primer*. 1. Auflage. [Duisburg]: Sourceflux. ISBN 978-3-00-046757-8

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen