

Modulhandbuch

SS2025

Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)

Master

Studien- und Prüfungsordnung: WS 22/23

Stand: 12.02.2025

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 Wahlpflichtmodul	48
Automatisiertes Fahren	49
Betriebsfestigkeit und Bruchmechanik.....	51
CAE.....	53
Elektrochemie.....	56
Industrial Energy System	58
Korrosion- und Oberflächentechnik	60
Off-Grid Energy System	62
Verbundwerkstoffe.....	64

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

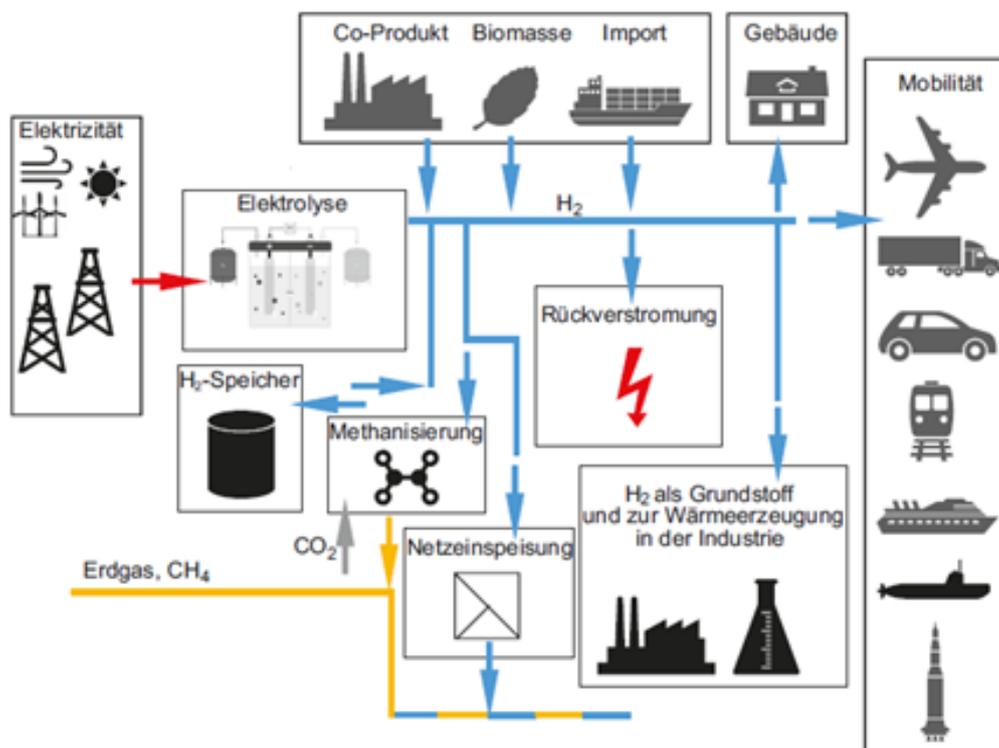
E-Mail: Ertan.Akguen@thi.de

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 Wintersemester 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 Sommersemester 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.

Wintersemester	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)
Sommersemester	Wasserstoffherzeugung [5 ECTS] (de)	Systems Engineering [5 ECTS] (de)	Individuelles Wahlpflichtmodul [5 ECTS] (de/en)
	Start-Up Project [5 ECTS] (de/en)	Plant and Equipment Design in Hydrogen Technology [5 ECTS] (de)	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. Eine Wasserstoffwirtschaft ist das Konzept einer Energiewirtschaft, deren Zielsetzung es ist, fossile Energieträger weitestgehend durch Wasserstoff zu ersetzen. Dabei handelt es sich um die aktuellen sowie künftigen technologischen Entwicklungen. 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
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:			
<ul style="list-style-type: none"> 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://online-library.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, dass 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
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 Minuten (WSPuT_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"> • 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. • kennen Mechanismen zur Aufnahme von Wasserstoff, den Einfluss von Wasserstoffaufnahme auf die Werkstoffeigenschaften und können mögliche Gefahren beim Einsatz von Werkstoffen im Wasserstoffumfeld einschätzen. 			

Inhalt:

Thermodynamische Grundlagen

Wasserstoffspeicherung und -transport:

- physikalisch (cgH₂, ccH₂, lH₂, Kavernen etc.)
- materialbasiert (LOHC, Metallhydrid, synthetische Kohlenwasserstoffe, Ammoniak, Methanol)
- neue Technologien

Technologische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung der Speicherungs- und Transportmöglichkeiten

Werkstofftechnische Aspekte (z.B. Wasserstoffpermeabilität, Wasserstoffversprödung):

- 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

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- PLANKENBÜHLER, Thomas und andere, 2021. *Handbook Screening Wasserstofftechnik*. 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. *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>.
- 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>.
- GODULA-JOPEK, Agata, JEHLE, Walter, WELLNITZ, Jörg, 2012. *Hydrogen storage technologies: new materials, transport, and infrastructure* [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>.

Anmerkungen:

- Im Rahmen der Vorlesung sind Gastvorträge vorgesehen.
- Bonussystem: In der Lehrveranstaltung kann von Studierenden ein Thema bearbeitet und präsentiert werden, dass 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
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
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:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
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:

- Physikalische und chemische Eigenschaften von Wasserstoff
- Grundlagen der Wasserstoffwirtschaft
- Grundlagen der Wasserstoffverwendung
- Anwendung in der Industrie und Mobilität
- Ökologische Betrachtung / Nachhaltigkeit
- Ökonomische Betrachtung

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- VOORDE, Marcel H. van de, 2021. *Utilization of hydrogen for sustainable energy and fuels* [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. *Wasserstoff und Brennstoffzelle: Technologien und Marktperspektiven* [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. *Halbzeit der Energiewende?: An der Schwelle in eine neue Energiegesellschaft* [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. *Geschäftsmodellkonzepte mit grünem Wasserstoff: Wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen für H2 als nachhaltiger Energieträger* [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. *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>.

Anmerkungen:

- Im Rahmen der Vorlesung sind Gastvorträge vorgesehen.
- Bonussystem: In der Lehrveranstaltung kann von jedem Studierenden ein Thema bearbeitet und präsentiert werden, dass 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
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"> • kennen die Darstellungen und Begriffe des Anlagenbaus. • kennen die üblichen Fertigungsverfahren des Apparatebaus. • kennen verfahrenstechnische Grundoperationen. • können Anlagenkonzepte der Wasserstoffkette aus verfahrenstechnischen Grundoperationen entwickeln. • kennen die erforderlichen Bestandteile im Anlagenbau aus dem Projektmanagement und der Vertragsgestaltung. • 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 durchführen. • kennen die spezifischen Sonderanforderungen an Wasserstoffanlagen und Equipment. 			
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*. 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, dass 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
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	English	1 semester	only winter term
Modulverantwortliche(r):	Huber, Matthias		
Dozent(in):	Huber, Matthias; Kotak, Yash		
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:	SU/Ü - 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 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 fossil fuels • Colors of hydrogen. • Possibilities and limits that hydrogen can play in future energy systems 			

<ul style="list-style-type: none">• 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:
Verpflichtend: Keine Empfohlen: <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>. 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
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 Gerüst 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*. 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
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:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
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
- EISNER, Howard, 2022. *Tomorrow's Systems Engineering*. Milton: Taylor & Francis Group.
- 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:

- VANEK, Francis M., Louis D. ALBRIGHT und LARGUS T. ANGENENT, 2022. *Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation*. New York, Chicago, San Francisco: McGraw Hill.
- 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>

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	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch/Englisch	1 semester	only summer term
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	Akgün, Ertan		
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:	Proj. - 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:			
<p>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.</p> <p>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.</p>			

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*. 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
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, Regelenertechnik
- 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
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*. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-27774-1
- BOLTON, William, 2006. *Bausteine mechatronischer Systeme*. München ; Boston <<[u.a.]>>: Pearson Studium. ISBN 978-3-8273-7262-8, 3-8273-7262-3
- BERNSTEIN, Herbert, 2004. *Grundlagen der Mechatronik*. 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
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	English	1 semester	only summer term
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	Akgün, Ertan; Diel, Sergej; Horak, Jiri		
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, 			

<ul style="list-style-type: none"> • 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)
<p>Literatur:</p> <p>Verpflichtend: Keine</p> <p>Empfohlen:</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>. 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>. 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/ • 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>Anmerkungen:</p> <p>None</p>

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
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:	MA - 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 • Formulierung des Untersuchungsansatzes/der Vorgehensweise • Festlegung eines Lösungskonzepts bzw. -wegs 			

<ul style="list-style-type: none">• 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:
Verpflichtend: Keine Empfohlen: Keine
Anmerkungen:
None

5.2 Individuelles Wahlpflichtmodul

Automatisiertes Fahren			
Modulkürzel:	AutFahr_M-FT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Bogenberger, Florian		
Dozent(in):	Bogenberger, Florian; Helmer, Thomas; Steininger, Udo		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Automatisiertes Fahren (AutFahr_M-FT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (AutFahr_M-FT)		
Prüfungsleistungen:	LN - schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (AutFahr_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"> • kennen und verwenden die fachspezifische Terminologie sicher. • kennen den Stand der Technik und Forschung zu automatisierten Fahrfunktionen, inkl. Potentiale und Grenzen. • können aktuelle Entwicklungen und Trend qualifiziert einschätzen. • verstehen die unterschiedlichen Anwendungsbereiche der Technologie und können deren Implikationen bewerten. • besitzen das Hintergrundwissen, um Aussagen zur Funktionssicherheit zu machen. • können die Grundprinzipien der Gebrauchssicherheit (SOTIF) anwenden. • verstehen die Auswirkungen auf die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle. • können die Grundzüge der Zulassung wiedergeben und auf einen Anwendungsfall transferieren. • kennen und verstehen unterschiedliche Test- und Absicherungsmethoden und können diese zielgerichtet anwenden. • kennen die Besonderheiten in der Anwendung bei Zweirädern und Nutzfahrzeugen. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Fachspezifische Terminologie 			

<ul style="list-style-type: none">• Automatisierten Fahrfunktionen, inkl. Potentiale und Grenzen (SAE L3 und L4)• Anwendungsbereiche der Technologie (privat, Flottenbetrieb, Logistik, ...)• Funktionale Sicherheit (ISO 26262)• Gebrauchssicherheit (SOTIF)• Mensch-Maschine-Schnittstelle• Zulassung• Test- und Absicherungsmethoden• Anwendung bei Zweirädern und Nutzfahrzeugen
Literatur:
Verpflichtend: Keine Empfohlen: <ul style="list-style-type: none">• WINNER, Hermann, HAKULI, Stephan, LOTZ, Felix, SINGER, Christina, 2019-. <i>Handbook of Driver Assistance Systems: Basic Information, Components and Systems for Active Safety and Comfort</i> [online]. Cham: Springer International Publishing PDF e-Book. ISBN 978-3-319-09840-1. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09840-1.• BOTSCH, Michael, UTSCHICK, Wolfgang, 2020. <i>Fahrzeugsicherheit und automatisiertes Fahren: Methoden der Signalverarbeitung und des maschinellen Lernens</i> [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-46804-7. Verfügbar unter: https://doi.org/10.3139/9783446468047.• MAURER, Markus, GERDES, J. Christian, LENZ, Barbara, WINNER, Hermann, 2016. <i>Autonomous driving: technical, legal and social aspects</i> [online]. Berlin: Springer-Verlag PDF e-Book. ISBN 978-3-662-48847-8. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8.• DI FABIO, Udo und andere, Juni 2017. <i>Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren: eingesetzt durch den Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur : Bericht</i>. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur.
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

Betriebsfestigkeit und Bruchmechanik			
Modulkürzel:	BFuBM_M-LT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	David, Patrick; Diel, Sergej; Dörnhöfer, Andreas; Müller, Christian		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:		47 h
	Selbststudium:		78 h
	Gesamtaufwand:		125 h
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Betriebsfestigkeit und Bruchmechanik (BFuBM_M-LT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (BFuBM_M-LT)		
Prüfungsleistungen:	LN - schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (BFuBM_M-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"> • lernen die Grundlagen der Ermüdungsfestigkeit kennen. • werden mit den Begriffen „Beanspruchung“ und „Beanspruchbarkeit“ vertraut gemacht. • lernen die Methoden der experimentellen und numerischen Beanspruchungsermittlung kennen. • kennen unterschiedliche Prüfverfahren in der Praxis. • können Lastkollektive ableiten. • lernen die Grundlagen der Bruchmechanik kennen. • sind in der Lage, die Lebensdauer bzw. die Restlebensdauer von Bauteilen vorherzusagen. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Ermüdungsfestigkeit • Konzept der betriebsfesten Auslegung von Bauteilen • Beanspruchungsermittlung mittels Messung und Simulation • Last-Zeit-Verläufe, Zählverfahren und Lastkollektive • Grundlagen der Beanspruchbarkeit • Statistik in der Betriebsfestigkeit • Versuchstechnik und Versuchsauswertung 			

<ul style="list-style-type: none">• Lebensdaueranalyse• Rechnerischer Betriebsfestigkeitsnachweis (Nennspannungskonzept, Kerbspannungs- und örtliches Konzept)• Grundlagen der Bruchmechanik• Exkursion zur Betriebsfestigkeitsabteilung der Audi AG
Literatur:
Verpflichtend: Keine Empfohlen: Keine
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

CAE			
Modulkürzel:	CAE_M-LT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Diel, Sergej		
Dozent(in):	Diel, Sergej		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: CAE (CAE_M-LT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/PR - Seminaristischer Unterricht/Praktikum (CAE_M-LT)		
Prüfungsleistungen:	LN - schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (CAE_M-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 tieferen Einblick in verschiedene Techniken des Computer Aided Engineering (CAE). • begreifen CAE als Bestandteil der virtuellen Produktentwicklung. • können reale mechanische Strukturen als numerische Modelle digitalisieren. • verstehen Zusammenhänge der Kontinuumsmechanik und können mit der dazu notwendigen Mathematik sicher umgehen. • verfügen über die notwendigen mathematischen Kenntnisse und Fertigkeiten zur Darstellung physikalischer Feldprobleme. • besitzen vertiefte Kenntnisse und Verständnis der Finite Elemente Methode und ihrer Bedeutung und Anwendungsmöglichkeiten in der Strukturmechanik und Strukturdynamik. • besitzen vertiefte Kenntnisse weiterer CAE-Methoden, wie FDM. • haben ein vertieftes Verständnis für weitere CAE- Anwendungen wie Crashberechnung oder gekoppelte thermo-elastische Problemstellungen. • sind in der Lage, Simulationsmodelle für strukturmechanische und thermische Problemstellungen zu erstellen und zu beurteilen. • können komplexe Berechnungsmethoden für werkstoffbezogene Fragestellungen anwenden. • sind in der Lage komplexe Problemstellungen der technischen Berechnung selbstständig oder im Team zu lösen, auch im nichtlinearen Bereich und der Optimierung. 			

- besitzen die Fähigkeit der Bewertung, der Präsentation und der Diskussion von Simulationsmodellen und deren Ergebnissen.
- kennen die Möglichkeiten und Grenzen der numerischen Methoden.
- besitzen Abstraktionsvermögen, analytisches Denkvermögen sowie eine strukturierte Vorgehensweise zur Lösung technischer Simulationsaufgaben.

Inhalt:

- Überblick über verschiedene CAE-Methoden
- Mathematisches Hintergrundwissen
Ausgewählte Themen der Linearen Algebra, Tensorrechnung, Indexschreibweise, Vektoranalysis, Mehrdimensionale Interpolation, numerische Lösung von partiellen Differentialgleichungen, Numerische Integration, numerische Lösung nichtlinearer Problemstellungen (Newton-Raphson Methode)
- Höhere Festigkeitslehre, Kontinuumsmechanik, Beschreibung von Feldproblemen
- Herleitung der FEM am Beispiel der Elastodynamik
- Isoparametrische Finite Elemente, Formfunktionen höherer Ordnung
- CAE Anwendungen im Bereich Strukturmechanik
- Gekoppelte Probleme – Wärmeleitung und Thermoelastizität
- CAE Anwendungen im Bereich Strukturmechanik
- Nichtlineare Simulationen
- Simulation des Werkstoffverhaltens (Plastizität, Homogenisierung, FVK)
- Optimierung
- Effektive Idealisierung und Modellbildung in CAE
- Weitere CAE-Methoden (FDM, BEM, FVM)
- Ausgewählte weitere CAE-Anwendungen wie z.B. Crashberechnung, numerische Strömungssimulation
- Einbindung von CAE in den Entwicklungsprozess – Virtuelle Produktentwicklung
- Rechnerpraktikum
- Simulationsaufgabe: Eigenständige Bearbeitung von Aufgabenstellungen zur technischen Berechnung einzeln oder im Team mit Präsentation der Ergebnisse

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- KLEIN, Bernd, 2015. *FEM: Grundlagen und Anwendungen der Finite-Element-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien PDF e-Book. ISBN 978-3-658-06054-1. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-06054-1>.
- GEBHARDT, Christof, 2018. *Praxisbuch FEM mit ANSYS Workbench: Einführung in die lineare und nichtlineare Mechanik* [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-45740-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446457409>.
- BATHE, Klaus-Jürgen, 2002. *Finite-Elemente-Methoden*. Berlin <<[u.a.]>>: Springer. ISBN 3-540-66806-3
- MEYWERK, Martin, 2007. *CAE-Methoden in der Fahrzeugtechnik: mit 10 Tabellen* [online]. Berlin: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-540-49866-7, 3-540-49866-4. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-49867-4>.
- LEE, Huei-Huang, 2021. *Finite element simulations with ANSYS Workbench 2021*. Mission: SDC Publications. ISBN 978-1-63057-456-7, 1630574562
- WRIGGERS, Peter, 2010. *Nonlinear finite element methods*. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 978-3-642-09002-8, 3-642-09002-8
- COOK, Robert D., MALKUS und PLESHA, 2002. *Concepts and applications of finite element analysis*. Hoboken, NJ [u.a.]: Wiley. ISBN 0-471-35605-0, 978-0-471-35605-9

Anmerkungen:

Bonussystem: In der Lehrveranstaltung kann von jedem Studierenden eine Simulationsaufgabe bearbeitet und präsentiert werden, die entsprechend ihrer 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.

Elektrochemie			
Modulkürzel:	EMS_ELC	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Lott, Susanne		
Dozent(in):	Lott, Susanne		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Elektrochemie (EMS_ELC)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (EMS_ELC)		
Prüfungsleistungen:	LN - schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (EMS_ELC)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	Keine		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Vorgänge in Elektrochemischen Zellen zu beschreiben und mathematisch zu modellieren. • die elektrolytische Leitfähigkeit zu erklären u. die Theorien zur theoret. Beschreibung anzuwenden. • das Zustandekommen von Elektrodenpotentialen zu erklären und diese zu berechnen. • das Verhalten von Elektrodenpotentialen unter Stromfluss zu beschreiben und diese zu berechnen. • die Messmethode der Impedanz-Spektroskopie zu erklären und anzuwenden. • die Ergebnisse der Impedanz-Spektroskopie mit Ersatzschaltbildmodellen zu beschreiben. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung: Grundlagen Elektrochemie (Redox Reaktionen, Elektrolyte, Ionen, Zelle, Faradaysche Gesetze, chem. Reaktionen) • Leitfähigkeit und Wechselwirkungen in ionischen Systemen <ul style="list-style-type: none"> ○ elektrolytische Leitfähigkeit ○ Starke und Schwache Elektrolyte ○ Ionen-Beweglichkeit und Transportprozesse ○ Überführungszahlen ○ Debye-Hückel-Theorie 			

<ul style="list-style-type: none">• Potentiale - Elektrochemie im Gleichgewicht<ul style="list-style-type: none">○ Chemische und Elektrochemische Potentiale○ Nernstgleichung○ Flüssigkeitspotentiale○ Elektrochemische Doppelschicht• Ströme - Elektrochemie im Ungleichgewicht<ul style="list-style-type: none">○ Konzept der Überspannung○ Durchtrittslimitierung○ Konzentrationslimitierung○ Reaktionsüberspannung○ Elektrokristallation• Anwendungen der Elektrochemie<ul style="list-style-type: none">○ Galvanik○ Elektrochem. Analytik○ Energiespeicherezellen○ Impedanzspektroskopie
Literatur:
Verpflichtend: <ul style="list-style-type: none">• HAMANN, Carl und Wolf VIELSTICH, 2005. <i>Elektrochemie</i>.• SPRINGBORG, Michael, 2020. <i>Einführung in die Physikalische Chemie</i>. Berlin: De Gruyter. ISBN 978-3-11-063691-8, 3-11-063691-3• NOAM, Eliaz und Gileadi ELIEZER , 2018. <i>Physical Electrochemistry: Fundamentals, Techniques, and Applications</i>. ISBN 978-3527341399
Empfohlen: Keine
Anmerkungen:
Keine Anmerkungen

Industrial Energy System			
Modulkürzel:	IndustEnerSys_M-RES	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	English	1 semester	only summer term
Modulverantwortliche(r):	Goldbrunner, Markus		
Dozent(in):	Baldauf, Tobias; Goldbrunner, Markus		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Industrial Energy System (IndustEnerSys_M-RES)		
Lehrformen des Moduls:	S - seminar (IndustEnerSys_M-RES)		
Prüfungsleistungen:	LN - SA - Seminar paper with oral examination (15min) and written elaboration (8-15 pages) (IndustEnerSys_M-RES)		
Verwendbarkeit für andere Studiengänge:	None		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
None			
Empfohlene Voraussetzungen:			
None			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • have an overview of the most important consumers of electricity, heat and gas in a typical industrial operation. • can establish and evaluate the different energy consumptions and efficiency improvement strategies in an industrial operation. • are familiar with the biogas process, the construction of biogas plants, the most important components and process parameters and can dimension a biogas plant. • are familiar with the most important procedural basics and concepts of the combustion of solid biomass and the corresponding plant technology for heat and power generation and can design a corresponding power plant. • know the most important procedural basics and concepts of the thermal gasification of solid biomass and the corresponding plant technology for heat and power generation. • are able to project the energy supply of an industrial company with the acquired knowledge. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Energy efficiency • Rating of energy systems 			

- Example project meat processing
 - Definition of boundaries
 - Applied thermodynamics for energy efficiency
 - Presentation and Reporting
- Cross cutting technologies
 - Drives and pumps
 - Mechanical power
 - Lighting
 - Thermal Energy
 - Renewable Electricity Integration
- Bio energy
- Biogas
- Anaerobic fermentation
- Construction of biogas plants
- operating parameters and environmental conditions
- substrates and manure
- process and plant engineering
- process variants
- biogas production and storage
- Solid biomass
- basics of combustion
- special features and design of the furnace
- combustion concepts
- cyclic processes
- plants for electricity and heat generation and their components
- basics and concepts of gasification
- Project
- Building an energy-efficient and environmentally friendly energy supply for an industrial company

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

Keine

Anmerkungen:

None

Korrosion- und Oberflächentechnik			
Modulkürzel:	KorOT_M-TE	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Oberhauser, Simon		
Dozent(in):	Oberhauser, Simon		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Korrosion- und Oberflächentechnik (KorOT_M-TE)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (KorOT_M-TE)		
Prüfungsleistungen:	LN - schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (KorOT_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 Mechanismus der Korrosion einschließlich seiner relevanten thermodynamischen und kinetischen Einflussfaktoren, können verschiedene Korrosionsformen erkennen und den jeweiligen Korrosionsursachen zuordnen. kennen die wichtigsten Korrosionsprüfungen einschließlich elektrochemischer Methoden und können ihre Ergebnisse sinnvoll interpretieren. kennen wichtige korrosionsbeständige Werkstoffe aus der Gruppe der Leichtmetalle, der hochlegierten Stähle sowie der Nickel und Kupferbasiswerkstoffe. Sie kennen deren Einsatzmöglichkeiten und Grenzen und können auf dieser Basis für konkrete Anwendungsfälle eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Werkstoffauswahl treffen. sind informiert über die verbreitetsten Möglichkeiten, wenig korrosionsbeständige Werkstoffe mit Hilfe von Beschichtungen und Überzügen zu schützen. Sie kennen die einschlägigen Methoden und Prozesse und sind in der Lage zu entscheiden, welches Verfahren zu einem gegebenen Bauteil und den dort herrschenden Anforderungen passt. kennen die Grundregeln des konstruktiven Korrosionsschutzes und sind daher in der Lage korrosionsbedingte Schwachstellen bereits in der Konzept- und Konstruktionsphase zu vermeiden. wissen Bescheid darüber, wie sich Fügechnik sowie die Prozessfolge im gesamten Herstellprozess auf das Ergebnis hinsichtlich des Korrosionsschutzes auswirken. Sie sind daher in der Lage korrosionsschutzgerechte Fügeverfahren auszuwählen und möglichst günstige Fertigungsabläufe zu planen. 			

Inhalt:
<ul style="list-style-type: none">• Theoretische Grundlagen Korrosion, Methoden der Elektrochemie, Korrosionsprüfung• Mechanische Einflüsse auf das Korrosionsgeschehen• Korrosionsbeständige Werkstoffe mit ihren Möglichkeiten, Grenzen und ihren Sonderkorrosionsformen• Korrosionsschutz durch Beschichtungen, Vorbehandeln und Vorbereiten, Beschichtungsprozesse, Beschichtungsstoffe• Korrosionsschutz durch Überzüge, Verfahren und Materialien• Grundbegriffe des konstruktiven Korrosionsschutzes• Fügechnik und Korrosion
Literatur:
Verpflichtend: <ul style="list-style-type: none">• WENDLER-KALSCH, Elsbeth, GRÄFEN, Hubert, 1998. <i>Korrosionsschadenkunde</i> [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg PDF e-Book. ISBN 978-3-642-30431-6, 978-3-662-22074-0. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-642-30431-6. Empfohlen: Keine
Anmerkungen:
Prüfungsart gemäß der Anlage zur SPO Master WT und Master TE

Off-Grid Energy System			
Modulkürzel:	Off-GridEnSy_M-RES	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	English	1 semester	only summer term
Modulverantwortliche(r):	Navarro Gevers, Daniel		
Dozent(in):	Ausin Calvo, Juan Carlos; Lwakatare, Bertha Phenias; Navarro Gevers, Daniel; Ngetuny, Joshua		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Off-Grid Energy System (Off-GridEnSy_M-RES)		
Lehrformen des Moduls:	S - seminar (Off-GridEnSy_M-RES)		
Prüfungsleistungen:	LN - PF - Portfolio Exam (Off-GridEnSy_M-RES)		
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 model an off-grid electrical system Know the main components in an Off-grid System : Generators, Loads, safety devices. • know the principles of the grid frequency control. • know the principles of the grid voltage control. • are able to determine the stability of an Off-grid system. • know how to do a power flow analysis. • can take the decision of the needed requirements (Hardware an control) to design an off-grid system. • can write the project specification for the given system. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Voltage Control • Frequency Control • Generators (Synchornous, Asynchronous) • Converters description • Load flow calculation 			

<ul style="list-style-type: none">• Load behavior• Energy Storage• Energy conversion and transport• Wind Power description
Literatur:
Verpflichtend: Keine Empfohlen: <ul style="list-style-type: none">• LOUIE, HENRY, . <i>Off-Grid electrical systems in developing countries</i>. ISBN 978-3-319-91890-7• MOHANTY, PARIMITA ; MUNEER, TARIQ ; KOLHE, MOHAN , . <i>Solar Photovoltaic System Applications : A Guidebook for Off-Grid Electrification</i> . ISBN 978-3-319-14663-8 ; 978-3-319-14662-1
Anmerkungen:
None

Verbundwerkstoffe			
Modulkürzel:	VerbdW_M-LT	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (SPO WS 22/23)	Individuelles Wahlpflichtmodul	2
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Modulverantwortliche(r):	Tetzlaff, Ulrich		
Dozent(in):	Burger, Uli; Tetzlaff, Ulrich		
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	6: Verbundwerkstoffe (VerbdW_M-LT)		
Lehrformen des Moduls:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (VerbdW_M-LT)		
Prüfungsleistungen:	LN - schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (VerbdW_M-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"> • kennen die Grundgedanken des Langfaserverstärkten Profil- Flächentragwerkbaus. • kennen die Fasern Carbon, E-Glas, Aramid, Bor und Basalt. • kennen die Harzsysteme Epoxid, PUR, Thermoplaste (Grundlagen Kunststoffe). • kennen die mechanischen Verbundeigenschaften, in Abhängigkeit, von der Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt, Grenzflächenhaftung Faserwerkstoffen. • können mit der klassischen Laminattheorie Composite Strukturen berechnen. • können Versagenskriterien anwenden nach Tsai, Wu, Hill, Jones, Puck, Geier. • können die grundlegenden Schadensmechanismen. • kennen die grundlegenden Fertigungsverfahren von langfaserverstärkten Tragwerken, wie RTM, DP-RTM, Autoklav, Handlaminieren, Thermopressen, Vakuumsackverfahren. • kennen die grundlegende Methodik des Wickelverfahrens, Tapeablegeverfahrens, Pre-Preg, Pultrusion, SMC, BMC. • kennen die grundlegenden thermoplastischen Herstellungsverfahren: Organobleche, LFT-G, LFT-D, GMT. • können Verbindungsarten und Fügetechniken für FVW nennen. • können in der Praxis Composite Strukturen berechnen, auslegen und bewerten. 			

Inhalt:

- Klassische Laminattheorie (CLT), Mikromechanik nach Jones, Definition UD-Schicht und Makro-Mechanik, monolytische Bauweise, Grundlagen der Sandwichbauweise
- Plattentheorie und Leistungskonjugation der Schnittgrößen zur Verzerrung, Koordinatentransformation
- Faser- und Matrixwerkstoffe (Eigenschaften, Anwendung)
- Verbundeigenschaften
- Schadensmechanik und Festigkeitsbeurteilung von FVW, interlaminares Scherversagen, Ply-by-ply Untersuchung
- Festigkeitsbewertung nach den bekannten Verfahren und Hypothesen der Kontinuumsmechanik für Compositewerkstoffe
- Symmetrische, ausgeglichene monolytische Verbunde und ausgeglichene Verbunde und deren Kopplungsmechanik
- Bauteilbeispiele aus der Praxis mit Schwerpunkt Luftfahrttechnik
- Fertigungsverfahren für monolytische Verbunde und Sandwich, praktische Beispiele und Exkursion zu einem Fertigungsbetrieb
- Aushärtemechanik und -chemie für Duomere und Thermoplasten, Autoklavfertigung, Glasübergangstemperatur, Verarbeitung unterschiedlicher duroplastischer und thermoplastischer Werkstoffe
- Kennwerte, Festigkeit, Steifigkeit von allen gängigen Fasern

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- BERGMANN, Heinrich W., 1992. *Konstruktionsgrundlagen für Faserverbundbauteile*. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 3-540-54628-6, 0-387-54628-6
- EHRENSTEIN, Gottfried W., 2006. *Faserverbund-Kunststoffe: Werkstoffe, Verarbeitung, Eigenschaften* [online]. München [u.a.]: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-45754-6, 3-446-22716-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446457546>.
- NEITZEL, Manfred, 2014. *Handbuch Verbundwerkstoffe: Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung* [online]. München: Hanser PDF e-Book. ISBN 978-3-446-43696-1, 978-3-446-43697-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446436978>.
- CHAWLA, Krishan K., 2019. *Composite materials: science and engineering*. Cham, Switzerland: Springer. ISBN 978-3-030-28985-0, 978-3-030-28982-9
- WITTEN, Elmar, ASSMANN, Wolfgang, 2013. *Handbuch Faserverbundkunststoffe - Composites: Grundlagen, Verarbeitung, Anwendungen* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien PDF e-Book. ISBN 978-3-658-02755-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-02755-1>.
- JONES, Robert M., 1999. *Mechanics of composite materials*. Philadelphia, PA: Taylor & Francis. ISBN 1-56032-712-X
- PUCK, Alfred, 1996. *Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten: Modelle für die Praxis*. München ; Wien: Hanser. ISBN 3-446-18194-6
- NIU, Chunyun, 2010. *Composite airframe structures: practical design information and data*. Hong Kong: Conmilit Press. ISBN 978-962-7128-11-3, 962-7128-11-2
- PETERS, Stan T., 1998. *Handbook of composites*. London [u.a.]: Chapman & Hall. ISBN 0-412-54020-7
- ALTENBACH, Holm, Johannes ALTENBACH und Wolfgang KISSING, 2018. *Mechanics of composite structural elements*. Heidelberg ; Berlin: Springer. ISBN 978-981-10-8934-3, 981-10-8934-5
- SCHÜRMMANN, Helmut, 2007. *Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden: 39 Tabellen* [online]. Berlin [u.a.]: Springer PDF e-Book. ISBN 978-3-540-72189-5, 978-3-540-72190-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72190-1>.
- SCHÜRMMANN, Helmut, 2005. *Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden* [online]. Berlin [u.a.]: Springer PDF e-Book. ISBN 3-540-40283-7, 978-3-540-40283-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/b137636>.

- WIEDEMANN, Johannes, 2007. *Leichtbau: Elemente und Konstruktion* [online]. Berlin [u.a.]: Springer PDF e-Book. ISBN 3-540-33656-7, 978-3-540-33656-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-33657-0>.
- N.N., . *Composites Materials Handbook (CMH) 17, Vol. 1-6*.
- N.N., . *Handbuch Strukturberechnung (HSB)* .
- N.N., . *Luftfahrttechnisches Handbuch - Faserverbund Leichtbau (LTH-FL)* .
- N.N., . *VDI2014: Entwicklung von Bauteilen aus Faserverbund, Teil 1-3*.
- N.N., . Aktuelle Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge: Composite World, Flight International,....
In: .

Anmerkungen:

Keine Anmerkungen