Modulhandbuch

Batterietechnik (M.Sc.)

Stand: März 2025
(für Studienbeginn ab Wintersemester 2024/25)

Kontakt

baybatt@uni-bayreuth.de

Studiengangsmoderator: Prof. Dr.-Ing. Jan Philipp Schmidt: Jan.Schmidt@uni-bayreuth.de
Studiengangskoordination: Dr. Maike Brütting: maike.bruetting@uni-bayreuth.de

Inhalt

Allgemeine Erläuterungen **1**
Modulare Struktur und akademischer Grad 2
Lehrveranstaltungsformen 3
Prüfungssystem 4
Modulübersicht **5**
Studienaufbau 5
Modulstruktur 6
Vollzeitstudium 6
Teilzeitstudium 6
Modulbeschreibungen **7**
Angleichungsmodule 7
Pflichtmodule 19
Batteriesystemtechnik 1 20
Batteriesystemtechnik 2 21
Batteriematerialien 1 22
Batteriematerialien 2 23
Elektrochemie 1 24
Elektrochemie 2 25
Forschungsmodul 27
Forschungsplan 28
Masterarbeit 29
Wahlpflichtmodule 30
Ingenieurwissenschaften 31
Naturwissenschaften 43
Vertiefungsbereich 52

Allgemeine Erläuterungen

Eine nachhaltige Energieversorgung ist eines der wesentlichen Probleme der Menschheit in den kommenden Jahrzehnten und die Batterietechnik kann und muss Teil der Lösung sein. Gerade Fragestellungen im Bereich der Elektromobilität stellen für Deutschland, als eines der Länder mit der größten Automobilindustrie, eine große Herausforderung dar. Es bedarf für Spitzenleistungen in Forschung und Entwicklung bestens ausgebildeter Fachkräfte. Die Forschung im Bereich der Batterietechnik ist sehr interdisziplinär und erfordert zusätzlich zu den Grundlagen aus der Chemie und Materialforschung auch gute Kenntnisse von Elektrotechnik oder angewandter Thermodynamik. Ergebnisse von hoher Qualität können somit nur durch eine breite Qualifikation der Absolventinnen und Absolventen erreicht werden.

Kern des Studiengangs ist daher ein disziplinübergreifender Ansatz aus natur- und ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung und die Befähigung der Studierenden zur Verständigung in englischer Fachsprache und Zusammenarbeit in internationalen Teams. Entsprechend teilt der vorliegende Studiengang ein festes Kerncurriculum mit dem englischen Masterstudiengang *Battery Materials and Technology*.

Der Masterstudiengang *Batterietechnik* konzentriert sich dabei jedoch verstärkt auf die Vermittlung ingenieurwissenschaftlicher Kompetenzen im Bereich der Batterietechnik. Das Qualifikationsziel des Studiengangs setzt hier an und soll neben einer naturwissenschaftlichen Ausrichtung, in Bezug auf die Materialkompetenz und die notwendigen analytischen Methoden, insbesondere auch die für die Praxis notwendige Qualifikation im Bereich ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen vermitteln.

Die angestrebte Kernkompetenz des ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten Studiengangs zielt darauf ab, Problemstellungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Batterie aus einem ganzheitlichen, fächerübergreifenden Ansatz heraus verstehen und bearbeiten zu können. Die ingenieurwissenschaftlichen Spezifika des Masterstudiengangs tragen den fachspezifischen Anforderungen und Qualifikationswegen Rechnung und eröffnen den Absolventinnen und Absolventen so hervorragende Berufsperspektiven.

Modulare Struktur und akademischer Grad

Das Studium ist in Module gegliedert. Die modularisierte Form der Studienorganisation erleichtert in Kombination mit der Vergabe von Leistungspunkten (LP) nach dem European Credit Transfer System (ECTS) die Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit von Studienleistungen im europäischen Rahmen. Die Regelstudienzeit des Studiengangs beträgt vier Semester mit einem Gesamtumfang von 120 Leistungspunkten, wobei ein LP dem durchschnittlichen studentischen Arbeitsaufwand von 30 Arbeitsstunden entspricht.

Das Studium kann jeweils zum Wintersemester und zum Sommersemester aufgenommen werden. Einschlägige Kompetenzen, die an in- oder ausländischen Hochschulen erworben wurden, können auf Antrag als Studien- und Prüfungsleistungen anerkannt werden. Die universitäre Lehre ist in Modulen organisiert, welche in der Regel 5 Leistungspunkte umfassen. Je Semester sind 30 Leistungspunkte zu erzielen.

Dieser Studienaufbau soll eine jeweils komplementäre Vermittlung von fehlenden Grundlagen, den Erwerb fundierter Kenntnisse zu einer Vielzahl batteriebezogener Themen, sowie eine Schwerpunktsetzung in spezifischen Forschungsbereichen ermöglichen.

Auf Grund der bestandenen Prüfung im geforderten Leistungsumfang verleiht die Universität Bayreuth durch die Fakultät für Ingenieurwissenschaften den akademischen Grad eines Master of Science (abgekürzt: M. Sc.).

Lehrveranstaltungsformen

Die **Wissensvermittlung** erfolgt in der Regel in bestimmten Lehrveranstaltungsformen bzw. - typen. Dazu gehören Vorlesungen (V), Übungen (Ü), Seminare (S), Praktika (P) und Projektarbeiten (PJ):

- **Vorlesungen** (Abkürzung: V) behandeln in zusammenhängender Darstellung wesentliche Themen des jeweiligen Fachgebietes. Sie vermitteln Grundlagen- und Spezialwissen, sowie methodische Kenntnisse.
- **Übungen** (Abkürzung: Ü) finden in der Regel vorlesungsbegleitend statt und dienen der Analyse der Problemstellungen, sowie der Ergänzung und Vertiefung einzelner Themen.
- **Seminare** (Abkürzung: S) behandeln Probleme der Forschung an ausgewählten Einzelfragen. Sie dienen der Vertiefung durch die selbständige Beschäftigung mit wissenschaftlicher Literatur und der Schulung von mündlichen, wie schriftlichen Präsentationsfähigkeiten.
- **Praktika** (Abkürzung: P) vermitteln Erfahrungen in der experimentellen Arbeit im Labor. Für die Vermittlung von Prinzipien geeignete wissenschaftliche Versuche werden von den Studierenden unter Anleitung durchgeführt, ausgewertet und oft auch in Protokollen dargestellt.

Prüfungssystem

Die Prüfung setzt sich aus den **Modulprüfungen** inklusive der schriftlichen Masterarbeit zusammen. Die Modulprüfungen beziehen sich jeweils auf die Inhalte des zugehörigen Moduls. Die Form der Modulprüfungen ist in der jeweiligen Modulbeschreibung dargelegt. Etwaige notwendige weitere Informationen zur Prüfungsform werden durch die Prüfenden zu Beginn der jeweiligen Lehreinheiten gegeben.

Mögliche Prüfungsformen sind Klausuren, mündliche Prüfungen, Präsentationen und Beiträge (vgl. §11 PSO). Sofern ein Modul mehrere Prüfungsleistungen vorsieht (Portfolioprüfung), ist die Gewichtung der einzelnen Teile jeweils in Klammern in Brüchen angegeben.

Modulübersicht

Studienaufbau

Die Studierenden werden Grundlagenwissen aus ihren jeweiligen Bachelorstudiengängen mit einem batteriespezifischen Schwerpunkt vertiefen und sie werden ihr interdisziplinäres Wissen im Batteriesektor entscheidend erweitern.

Durch die **Angleichungsmodule** erreichen die Studierenden eine gemeinsame interdisziplinäre Basis in den verschiedenen naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen.

Ersten gemeinsamen interdisziplinären Veranstaltungen sind die Module **Batteriesystemtechnik** und **Batteriematerialien**, in denen das Thema Batterie, von der Material- und der Systemseite gelehrt wird, um ein ganzheitliches Verständnis der Batterie zu ermöglichen. **Elektrochemie** stellt die Grundlagenwissenschaft für alle internen Abläufe innerhalb einer Batteriezelle dar. Nur eine fundierte Ausbildung in diesem Bereich ermöglicht hierbei ein fundamentales Verständnis der grundlegenden Prozesse, daher gibt es von diesen drei Kernveranstaltungen jeweils zwei Module. Dementsprechend nehmen diese Module einen breiten Raum im ersten Studienjahr ein.

Die **Wahlpflichtmodule** aus den Bereichen Ingenieur- und Naturwissenschaften (wobei mindestens ein Modul aus dem Bereich Ingenieurwissenschaften zu wählen ist) erlauben eine individuelle Vertiefung entlang der vielfältigen technologischen Herausforderungen der gesamten Wertschöpfungskette der Batterie.

Der **Vertiefungsbereich** führt zu einer Spezialisierung und einem ganzheitlichen Verständnis der Batterie aus ingenieurwissenschaftlicher Perspektive. Das **Forschungsmodul** erlaubt es den Studierenden, das erlernte Wissen kreativ und kritisch auf ein aktuelles Forschungsthema auf dem Gebiet der Batterietechnik anzuwenden. Das Forschungsmodul kann auch im Rahmen eines akademischen Auslandsaufenthalts absolviert werden.

Der **Forschungsplan** dient als Vorbereitung auf die Masterarbeit. Hier werden neuere wissenschaftliche Arbeiten vor einem Fachpublikum präsentiert und diskutiert. Es werden eine Literaturübersicht und Hypothesen zum Forschungsvorhaben aufgestellt.

Das Studium schließt mit der **Masterarbeit** ab, die auf Basis des Forschungsplans erstellt wird. Praxis- und Auslandsphasen sind innerhalb der Regelstudienzeit möglich.

Modulstruktur

Vollzeitstudium

	5 LP	5 LP	5 LP	5 LP	5 LP	5 LP
1	Angleichungs-modul	Angleichungs-modul	Angleichungs-modul	Batterie-systemtechnik 1	Batterie-materialien 1 oder 2*	Elektrochemie 1
2	Wahlpflicht-modul	Wahlpflicht-modul	Angleichungs-modul	Batterie-systemtechnik 2	Batterie-materialien 1 oder 2*	Elektrochemie 2
3	Wahlpflicht-modul	Forschungs-plan	Forschungsmodul oder 2 Vertiefungen		Forschungsmodul	
4	Masterarbeit					

Diese Modulstruktur ist sowohl für den Studienstart im Winter- als auch im Sommersemester vorgesehen.

Teilzeitstudium

Semester	5 LP	5 LP	5 LP		5 LP	5 LP	5 LP
1	Angleichungs-modul	Angleichungs-modul	Angleichungs-modul	5	Wahlpflicht-modul	Forschungsmodul oder 2 Vertiefungen	
2	Batteriesystem-technik 1	Batterie-materialien 1 oder 2*	Elektrochemie 1	6	Forschungsplan	Forschungsmodul	
3	Batteriesystem-technik 2	Batterie-materialien 1 oder 2*	Elektrochemie 2	7	Masterarbeit		
4	Wahlpflicht-modul	Wahlpflicht-modul	Angleichungs-modul	8			

Diese Modulstruktur ist sowohl für den Studienstart im Winter- als auch im Sommersemester vorgesehen.

* Batteriematerialien 1 wird jedes Wintersemester und Batteriematerialien 2 jedes Sommersemester angeboten. Die Module bauen inhaltlich nicht aufeinander auf, sodass die Studierenden mit dem Modul beginnen können, das in ihrem ersten Semester angeboten wird und das jeweils anderen Modul im zweiten Semester belegen können (bei Studierenden in Teilzeit: im zweiten bzw. dritten Semester).

Modulbeschreibungen

Angleichungsmodule

Die Angleichungsmodule dienen der Sicherung einer gemeinsamen Basis für die Studierenden auf der Grundlage der jeweiligen Vorbildung. Hierbei handelt es sich um einführende Module zu Bereichen, in denen sich die Studierenden noch nicht hinreichend ausgewiesen haben.

Im Rahmen der Zulassung werden die Angleichungsmodule aus dem untenstehenden Katalog von Angleichungsmodulen (siehe Folgeseiten) individuell zugewiesen. Es sind vier Angleichungsmodule im Umfang von insgesamt 20 LP zu belegen. Die Angleichungsmodule sollten im ersten Studienjahr absolviert werden.

Modultitel	**Mathematische Grundlagen für elektrochemische Energiespeicher**
Verantwortlichkeit	Juniorprofessur für Methoden des Batteriemanagements
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziel	Ziel des Kurses ist es, die Kenntnisse auf dem Gebiet der Mathematik zu vertiefen, indem fortgeschrittene Kenntnisse in der Ingenieurmathematik vermittelt werden, die für andere Ingenieurkurse erforderlich sind. Er vermittelt einen Überblick über relevante mathematische Probleme in elektrischen Energiespeichersystemen und Kenntnisse über fortgeschrittene mathematische Methoden, die zur Lösung dieser Probleme erforderlich sind. Darüber hinaus vermittelt der Kurs Kenntnisse über die Anwendung dieser Methoden, einschließlich des Einsatzes moderner Berechnungswerkzeuge.
Inhalt	Der Kurs behandelt verschiedene Themen der fortgeschrittenen Ingenieurmathematik: • Folgen und Reihen, wie z.B. Potenzreihen. Dazu gehören Methoden, die zur Untersuchung ihrer Eigenschaften verwendet werden können, wie z. B. das Grenzwertverhalten und ihre Verwendung zur Approximation von Funktionen, z. B. Taylor-Polynom-Approximation. • Mehrvariable Funktionen und Methoden zur Untersuchung ihrer Eigenschaften, z. B. Gradienten und Extrema. Außerdem werden die Approximation der kleinsten Quadrate und die numerische Minimierung mit gradientenbasierten Methoden behandelt. • Komplexe Zahlen und Funktionen und ihre Anwendung auf die Analyse harmonischer Schwingungen, z. B. in elektrischen Schaltungen. • Grundlagen und fortgeschrittene Methoden für gewöhnliche Differentialgleichungen (ODEs) und partielle Differentialgleichungen (PDEs). Dazu gehören beispielsweise die analytische Lösung von Anfangswert- und Randwertproblemen, ODE-Systeme und Zustandsraumdarstellungen, Eigenwerte und Eigenfunktionen. Darüber hinaus werden numerische Methoden zur Lösung von ODEs und PDEs behandelt. Dazu gehören Vorwärts- und Rückwärts-Euler-Methoden und andere Mehrpunktmethoden, z. B. Runge-Kutter. Für PDEs werden räumliche Diskretisierungsmethoden, wie Finite-Volumen-Methoden, und verschiedene Arten von Randbedingungen behandelt. • Transformationen im Frequenzbereich, darunter die Fourier- und Laplace-Transformation. Diese Methoden werden bei der Untersuchung zeitabhängiger linearer Systeme angewandt. • Probabilistische Systeme, einschließlich einer Einführung in die wichtigsten Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen und deren Anwendung, z. B. bei der Untersuchung von Systemausfällen. Darüber hinaus werden Algorithmen zur Erzeugung von Permutationen vorgestellt. Die Anwendung des Wissens wird anhand relevanter Beispiele aus dem Bereich der elektrischen Energiespeicherung, z.B. Reaktionssysteme, elektrische Ersatzschaltungen, Stoff- und Wärmetransport und Regelung, veranschaulicht und geübt. Der Einsatz von fortgeschrittenen Rechenwerkzeugen, z.B. Python, zur Lösung von angewandten mathematischen Problemen wird demonstriert.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studienkenntnisse; Kenntnisse im Umfang eines universitären Bachelor-Abschlusses in einem ingenieurwissenschaftlichen, naturwissenschaftlichen oder verwandten Bereich, grundlegende Kenntnisse in Mathematik.

Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Hausaufgaben 50 Stunden Übungen: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen 10 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	**Physikalische Grundlagen für elektrochemische Energiespeicher**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Theoretische Physik VII
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übungen (2 SWS)
Lernziel	Ziel dieses Kurses ist es den Studierenden einen Überblick über die grundlegenden Konzepte und Werkzeuge der Physik zu geben, die für das Studium von Batterien und deren Materialien notwendig sind. Die in der Vorlesung erworbenen Fähigkeiten werden dabei in den Übungen vertieft.
Inhalt	• Klassische Mechanik: Newtonsche Gesetze, Energie, Erhaltungsgrößen, Hamiltonformalismus, Kristallographie, Symmetrien, Phononen • Elektrodynamik: Coulomb-Potentiale, Poisson-Gleichung, das Plattenkondensatormodell, Strom, Magnetismus, Maxwell- Gleichungen in Vakuum und in Materie • Quantenmechanik: Operatoren, Quantisierung, die Schrödingergleichung, Quantenunschärfe, Chemische Bindungen, Orbitale, elektronische Energielevel • Thermodynamik und Statistische Mechanik: Temperatur, Thermodynamische Potentiale, Gesetze der Thermodynamik, Wärmekapazität, thermische Ausdehnung, Wärmeleitung, Diffusion
Voraussetzungen	Keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch/Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Übungen: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Prüfungsvorbereitung: 45 Stunden

Modultitel	**Anorganisch-chemische Grundlagen zu elektrochemischen Energiespeichern**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für anorganische Aktivmaterialien für elektrochemische Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (3 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Ziel ist es, die Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie für Studenten aufzufrischen, die in ihrer Ausbildung nur wenige ECTS in Chemie hatten. Der Kurs vermittelt alle grundlegenden Kenntnisse, die zur späteren Teilnahme an den Kursen über Batteriematerialien erforderlich sind. Der Schwerpunkt des Kurses liegt auf der Festkörperchemie, d. h. die Studierenden lernen insbesondere, was die Stabilität und die Eigenschaften von Festkörpern bestimmt.
Inhalt	Der Kurs beginnt mit den Grundlagen des atomaren Aufbaus und der Atommodelle, um das Periodensystem gut zu verstehen. Die Grundlagen der Quantenmechanik werden besprochen, um über das Bohr-Modell hinaus zur Schrödinger-Gleichung zu gelangen. Anschließend werden die Aufbau-prinzipien für Atome mit mehreren Elektronen, sowie die Oktett-regel erläutert. Der Kurs behandelt dann die Bindungen zwischen Atomen, beginnend mit der Ionenbindung. Die Madelung-Konstante und der Born-Haber-Zyklus werden untersucht. Kovalente Bindungen und Hybridisierung werden als nächstes behandelt, einschließlich Lewis-Strukturen, Elektronegativität, polare Bind-ungen und VSEPR. Die LCAO-Methode wird für einfache Moleküle gezeigt. Die sekundäre Bindung wird kurz angesprochen. Anschließend werden Festkörper anhand ihrer elektrischen Eigenschaften diskutiert. Isolatoren, Halbleiter und Metalle. Anschließend wird der Ursprung der Bandstruktur in Festkörpern diskutiert. Wichtige (dicht gepackte) Kristallstrukturen werden ebenfalls besprochen. In den letzten Vorlesungen werden spezifische Themen aufgefrischt: i) Löslichkeit und Säuren/Basen und ii) chemische Kinetik und Diffusion (Ficksche Gesetze).
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 45 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Übung: 15 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	**Physiko-chemische Grundlagen zu elektrochemischen Energiespeichern**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrochemie
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Erwerb von Kompetenzen auf dem Gebiet der physikalischen Chemie. Insbesondere sollten die Studierenden am Ende dieses Kurses in der Lage sein: • die Gesetze der Thermodynamik zu diskutieren und wie sie zur Beschreibung chemischer Systeme verwendet werden können. • die thermodynamischen Prinzipien anzuwenden, um die Eigenschaften chemischer Systeme im Gleichgewichtszustand zu berechnen. • das kinetische Modell von Gasen und den Prozess der Diffusion zu diskutieren und die Bewegung von Ionen in Flüssigkeiten zu beschreiben. • Erörterung der empirischen kinetischen Gesetze und deren Anwendung zur Beschreibung einfacher chemischer Reaktionen.
Inhalt	Die Vorlesung ist in zwei Teile gegliedert: Thermodynamik und Kinetik. Vereinfacht ausgedrückt gibt die Thermodynamik vor, ob eine Reaktion überhaupt stattfinden kann, während die Kinetik beschreibt, wie schnell (oder langsam) die Reaktion abläuft. In der Vorlesung werden die folgenden Themen behandelt: • Eigenschaften von idealen und nicht idealen Gasen • Der erste Hauptsatz der Thermodynamik • Entropie, der zweite Hauptsatz • Der dritte Hauptsatz, Gibbs'sche freie Energie und chemische Reaktionen • Chemische Gleichgewichte in Gemischen, Elektrolyte • Chemische Kinetik: Reaktionen 1. und 2. Ordnung Wenn es die Zeit erlaubt, werden wir die Theorie der Übergangszustände und ihre thermodynamischen Aspekte behandeln, d.h. die Kombination von Thermodynamik und Kinetik.
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Übungen: 15 Stunden, Prüfungsvorbereitungen: 75 Stunden

Modultitel	**Grundlagen der Makromolekularen / Organischen Chemie für elektrochemische Energiespeicher**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Polymermaterialien für elektrochemische Energiespeicherung
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Ziel dieser Vorlesung ist es, Kenntnisse aufzufrischen und Kompetenzen in den Grundlagen der organischen Chemie und der makromolekularen Chemie zu erwerben. Die Vorlesung gibt einen Überblick über funktionelle organische Gruppen und diskutiert die Synthese, Charakterisierung und Eigenschaften der gängigsten Polymere.
Inhalt	Die Vorlesung lehrt: • Relevanz und Verwendung organischer Materialien in Batterien • Kurze Geschichte der Polymere • Grundlegende Definitionen: mathematische Transformationen, organische Gruppen, Polymerisationsgrad, zahlen- und massenmittleres Molekulargewicht, MWD, Polymertopologie. • Syntheseverfahren: Stufenwachstumspolymerisation, Kettenwachstumspolymerisation, Emulsionspolymerisation, • Beispiele für industriell relevante Polymere, Hochleistungspolymere, Spezialpolymere. • Analytische Methoden: Kolligative Methoden, Viskositätsmessungen, SEC, • Materialeigenschaften, Polymere in der Schmelze, Phasenübergänge, mechanische Eigenschaften, Prüfung und Rheologie, thermische Analyse, DSC, DMA, TGA • Polymerverarbeitung: Extrusion, Spritzguss, Faserspinnen. • Einführung in Bindemittel, Additive und Polymerelektrolyte
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Übung: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 60 Stunden

Modultitel	**Elektrotechnische Grundlagen zu elektrochemischen Energiespeichern**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektronik Elektrischer Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziel	Verständnis der physikalischen elektromagnetischen Effekte, die bei elektrischen Widerständen, Kondensatoren, Induktoren und Transformatoren zum Einsatz kommen. Analyse (Knotenpotentialverfahren) von allgemeinen elektrischen Netzwerken mit Spannungs- und Stromquellen (DC und AC), Widerstände, Kondensatoren, Induktoren und Transformatoren.
Inhalt	• Das elektrostatische Feld (d.h.: elektrische Ladungen und elektrische Ladungsdichten; das Coulomb'sche Gesetz; die Coulomb-Kraft; die elektrische Feldstärke; die elektrische Flussdichte und der elektrische Fluss; das Gauß'sche Gesetz; Feldlinien und Äquipotentiallinien; das elektrostatische Potential; Potentialdifferenz und elektrische Spannung; Arbeit, Leistung und Energie; die Influenz und die elektrische Polarisation; die Kapazität und der Kondensator); • Das stationäre elektrische Strömungsfeld (d.h.: die elektrische Stromstärke und die elektrische Stromdichte; das Ohm'sche Gesetz in differentieller und integraler Form; Konduktivität und Resistivität; der elektrische Widerstand); • Gleichstromnetzwerke (d.h.: ideale und reale Spannungsquellen und Stromquellen; Netzwerke; Eintor und Zweitor; Zweig, Masche und Knoten; die Kirchhoff'sche Gesetze: Knotensatz und Maschensatz); • Das magnetostatische Feld (d.h.: Magnete; die Laplace-Kraft; die Lorentz-Kraft; die magnetische Feldstärke; die magnetische Flussdichte, der magnetische Fluss und der magnetische Gesamtfluss; das Ørsted'sche Gesetz und das Ampère'sche Gesetz (Durchflutungsgesetz); die elektrische Durchflutung); • Das elektromagnetische Feld (d.h.: das Faraday'sche Induktionsgesetz; Lenz'sches Gesetz; die Selbstinduktion; die Induktivität und der Induktor; die induktive Kopplung und die gegenseitige Induktivität; Windungen und Wicklungen; der Transformator und das Übersetzungsverhältnis; die Maxwell-Gleichungen); • Wechselstromnetzwerke (d.h.: Kenngrößen periodischer Signale; komplexe Wechselstromrechnungen mit Effektivwertzeiger und Amplitudenzeiger; Impedanz und Admittanz; Resistanz und Konduktanz; Reaktanz und Suszeptanz; Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung und komplexe Scheinleistung; Leistungsfaktor und Spannung-Strom-Phasenverschiebungswinkel); • Ausgleichsvorgänge (d.h.: Stetigkeitsbedingungen in Kondensatoren und Induktoren; Analyse von Netzwerken mit einem Energiespeicher)
Voraussetzungen	Keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur

Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesungen: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Übungen: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 45 Stunden

Modultitel	**Materialwissenschaftliche Grundlagen für elektrochemische Energiespeicher**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrodendesign für elektrochemische Energiesysteme
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziel	Am Ende des Kurses werden die Studierenden in der Lage sein: Die Grundprinzipien der Materialwissenschaft auf die Analyse von Keramiken und Polymeren anzuwenden. Die mechanischen Reaktionen und Phasendiagramme von Materialien zu analysieren. Kritische Bewertung des Einsatzes verschiedener Charakterisierungstechniken für die Analyse von Materialien, Integriertes Wissen über die Struktur, Eigenschaften und Verarbeitung für eine Übersicht der Materialwissenschaft und -technik.
Inhalt	Dieser Kurs führt in die Grundprinzipien der Materialwissenschaft und -technik ein, wobei der Schwerpunkt auf Materialstrukturen wie Atom- und Kristallanordnungen und den Verbindungen zwischen Mikrostrukturelementen wie Korngröße und Defekten und Eigenschaften wie Festigkeit und Duktilität liegt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf dem Verhalten von keramischen und polymeren Werkstoffen, einschließlich der Phasenumwandlung und der Optimierung ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften. Der Kurs vermittelt außerdem grundlegende Kenntnisse über die Zusammensetzung, die Eigenschaften und die Herstellung von Keramiken und Polymeren. Die Module umfassen ideale / reale Kristalle, Defekte, Dotierung, Diffusion, Phasendiagramme der mechanischen Eigenschaften, Mikrostruktur und Charakterisierung. Die Mischung aus grundlegenden und praktischen Erkenntnissen des Lehrplans dient als umfassende Grundlage für zukünftige Studien in der Materialwissenschaft. Der Kurs schließt mit einem Wiederholungsmodul, dass die Schlüsselkonzepte zusammenfasst und eine Perspektive auf diese komplexe und sich entwickelnde Disziplin bietet, ab.
Voraussetzungen	Keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	English
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Übungen: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Modultitel	**Grundlagen der Signale und Systeme für elektrochemische Energiespeicher**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Systemtechnik elektrischer Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziele	Am Ende des Kurses sind die Studierenden in der Lage: • Klassifizierung von Signalen und Systemen durchzuführen • Faltung bei einfachen Problemen anzuwenden • Fourier-Reihen, Fourier- und Laplace-Transformationen zu verstehen und zur Lösung einfacher Probleme anzuwenden • Beziehung zwischen Signalen und Systemen zu erklären • verschiedener Ansätze zur mathematischen Beschreibung des Ausgangs-Eingangs-Verhaltens von Systemen zu beherrschen • die Beziehung zwischen Übertragungsfunktion und komplexer Impedanz zu erläutern • Zeitliche Diskretisierung von kontinuierlichen Systemen durchzuführen • das Nyquist-Shannon-Abtasttheorems zu erläutern und anzuwenden • Die z-Transformation auf einfache Probleme anzuwenden
Inhalt	Das Verständnis von Signalen und Systemen wird in vielen spezialisierten Methoden im Umgang mit Batterien genutzt (z.B. Impedanzspektroskopie). Dieses Ausrichtungsmodul soll eine Grundlage für das Verständnis grundlegender Modellierungs- und Simulationsmethoden, wie sie in der Batterietechnologie angewendet werden, schaffen. Es umfasst Fourier-Reihen, Fourier-Transformation und Laplace-Transformation in der Anwendung für die Analyse von Signalen, aber auch für die Lösung von Differentialgleichungen. Grundlegende Signale wie Einheitsschritt, Delta-Dirac und Impulsfolge werden vorgestellt. Dabei wird es möglich sein, zwischen periodischen und aperiodischen Signalen, sowie zwischen zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen und Systemen zu wechseln. Schließlich wird die z-Transformation für zeitdiskrete Systeme eingeführt.
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Übungen: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	**Grundlagen des wissenschaftlichen Programmierens für elektrochemische Energiespeicher**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Physikalische Chemie V
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziele	Dieser Kurs soll den Studierenden einen Überblick über die grundlegenden Konzepte und Werkzeuge des wissenschaftlichen Programmierens geben, wie sie für den Entwurf, die Optimierung und die Analyse elektrochemischer Energiespeichersysteme und der zugrunde liegenden Materialien relevant sind. Die in den Vorlesungen erworbenen Fertigkeiten und Konzepte werden in der begleitenden Übung vertieft.
Inhalt	• Grundlagen des Programmierens: Datentypen, Kontrollfluss, Funktionen, objektorientierte Programmierung, kompilierte vs. interpretierte Sprachen. • Implementierung wissenschaftlicher Algorithmen: Codestruktur, Bibliotheken und Leistungsoptimierung. • Grundlagen des High-Performance Computing: Parallelisierung, Datenmanagement, Benchmarking der Programmleistung. • Angewandte Programmierung in Python: Paketverwaltung, Visualisierung und Datenanalyse, selbständige Durchführung von Programmierprojekten im Zusammenhang mit der Simulation und Analyse von Batteriematerialien.
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Übung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Prüfungsvorbereitung: 45 Stunden

Pflichtmodule

Die Pflichtmodule sind Batteriematerialien 1 und 2, Elektrochemie 1 und 2 sowie Batteriesystemtechnik 1 und 2. Jedes dieser Module hat 5 LP, so dass sich ein Gesamtumfang von 30 LP ergibt.
Zusätzlich müssen ein Forschungsmodul, der Forschungsplan und die Masterarbeit absolviert werden. Diese müssen einen Bezug zum Thema „Batterie“ aufweisen. Die Themenstellung erfolgt durch eine am Studiengang beteiligte Professur.

Batteriesystemtechnik 1

Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme, Lehrstuhl für Systemtechnik elektrischer Energiespeicher Juniorprofessur für Methoden zum Batteriemanagement
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS) und Praktikum (1 SWS)
Lernziel	Lernziel ist der interdisziplinäre Kompetenzerwerb im Bereich der Batteriesystemtechnik. Die Studierenden erwerben einen Überblick über den Aufbau und die Funktion, die Eigenschaften und das Verhalten, den Einsatz und den Betrieb von Batteriezellen. Sie lernen ingenieurwissenschaftliche Methoden und systemtechnische Fragestellung in unterschiedlichen Domänen der Batterietechnik kennen.
Inhalt	Neben dem Aufbau und der Funktion einer Batteriezelle wird die Zellfertigung vorgestellt. Für den Betrieb einer Batterie relevante Kenngrößen, wie Kapazität oder Leistung, sowie Zustandsgrößen wie Ruhespannung oder Ladezustand werden eingeführt. Die Studierenden lernen Methoden des Ladens, des Testens und der Charakterisierung von Batteriezellen kennen und sammeln erste Einblicke in die Modellierung und Alterung von Batterien. Weitere zentrale Aspekte sind die Sicherheit und die Nachhaltigkeit der Batterietechnik. Die Studierenden Lernen das sicherheitskritische Verhalten von Batterien und geeignete Maßnahmen für einen sicheren Betrieb kennen. Den Studierenden werden Aspekte des Lebenszyklus von den Rohstoffen bis zum Recycling präsentiert.
Voraussetzungen	Keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Übung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Praktikum: 15 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Batteriesystemtechnik 2

Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektronik elektrischer Energiespeicher, Lehrstuhl für Systemtechnik elektrischer Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS) und Seminar (1 SWS)
Lernziel	Lernziel ist der interdisziplinäre Kompetenzerwerb im Bereich der Batteriesystemtechnik. Die Studierenden erwerben einen Überblick über den Aufbau und die Funktion, die Eigenschaften und das Verhalten, den Einsatz und den Betrieb von Batteriesystemen. Sie lernen ingenieurwissenschaftliche Methoden und systemtechnische Fragestellung in unterschiedlichen Domänen der Batterietechnik kennen.
Inhalt	Neben dem generellen Aufbau und der Funktion eines Batteriesystems, werden unterschiedliche Topologien und Architekturen vorgestellt. Die Studierenden lernen die Anforderungen an Batteriesysteme in der Anwendung bspw. im Energiesystem oder in der Antriebstechnik kennen, sowie die Freiheitsgrade und Randbedingungen der Auslegung. Es werden Grenzwerte, Kenngrößen und Zustandsgrößen von Batteriesystemen eingeführt, die eine wesentliche Rolle bei der Überwachung und dem Batteriemanagement spielen. Die Studierenden lernen die Komponenten eines Batteriesystems wie Sensoren, Elektronik, Leistungselektronik und Laderegler kennen. Sie erhalten einen ersten Einblick in die Methoden der Zustandsschätzung, sowie der Prognose von Leistung, Energie und Lebensdauer, in den konstruktiv mechanischen Aufbau und in das Thermomanagement. Weitere für den Betrieb relevante Aspekte wie die Alterung, der Fehlerfall, die Sicherheit und die funktionale Sicherheit der Batteriesysteme werden eingeführt.
Voraussetzungen	Empfohlen: individuelle Angleichungsmodule
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur (3/5) und Präsentation (2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Übungen: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Seminar: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Batteriematerialien 1

Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Anorganische Aktivmaterialien für elektrochemische Energiespeicher, Lehrstuhl für Anorganische Kolloide für elektrochemische Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (3 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Interdisziplinärer Kompetenzerwerb im Bereich der Batteriematerialien. Die Studierenden lernen die Synthese, die Struktur und die elektrochemischen Eigenschaften der wichtigsten Elektrodenmaterialien auf dem Markt, sowie derer, die sich noch im Forschungsstadium befinden, kennen. Der Kurs wird sich auf aktive Materialien konzentrieren.
Inhalt	Einführung in Energiespeichertechnologien, Batteriedefinitionen und -konzepte, Grundlagen der Festkörperchemie und materialchemischer Konzepte im Bereich der Elektrodenprozesse und -reaktionen, Phasendiagramme, Kathoden- und Anodenmaterialien (Schwerpunkte: elektronische und kristalline Struktur, Synthese, Reaktivität und Stabilität), Einführung in gängige Separatoren und Elektrolyte.
Voraussetzungen	Keine
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. oder 2. Fachsemester Bei Studienbeginn im Wintersemester sollte Batteriematerialien 1 im ersten und Batteriematerialien 2 im zweiten Semester belegt werden.
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 45 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Übungen: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Prüfungsvorbereitung: 60 Stunden

Batteriematerialien 2

Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Polymermaterialien für elektrochemische Energiespeicher, Lehrstuhl für Anorganische Aktivmaterialien für elektrochemische Energiespeicher, Lehrstuhl für Anorganische Chemie III
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Ziel dieser Vorlesung ist es, interdisziplinäre Kompetenz auf dem Gebiet der Batteriematrialien zu erwerben. Die Studierenden lernen die Synthese, Struktur und elektrochemischen Eigenschaften der wichtigsten inaktiven (organischen und polymeren) Materialien auf dem Markt sowie in der Forschung kennen. Der Fokus liegt dabei auf passiven Komponenten in der Batteriezelle.
Inhalt	Inhaltsverzeichnis der Vorlesung: • Einführung in Energiespeichertechnologien, Batteriedefinitionen und Batteriekonzepte. • Grundlagen der Polymerchemie und organischen Chemie, Definitionen, Polymersynthese und Polymercharakterisierung. • Thermische und mechanische Eigenschaften von Polymeren. • Bindemittel und Additive: Beispiele, elektrochemische und leitfähige Eigenschaften, Verarbeitung von Elektrodenkompositen. • Elektrolyte: Flüssige Elektrolyte, physikalische Eigenschaften, elektrochemische Stabilität, SEI-Bildung und Einfluss auf die Batterieleistung, flammhemmende Additive. • Separatoren: Herstellungsmethoden, physikalische Eigenschaften, Auswirkung auf Batteriesicherheit und thermisches Durchgehen, Separatoren der nächsten Generation. • Grundlagen der NMR-Spektroskopie und Anwendung auf Batterietechnologien • Typische NMR-Wechselwirkungen: chemische Verschiebung, Quadrupol, Dipol, Hyperfeinstruktur, Ritterverschiebung • Messprinzipien zur Bestimmung struktureller und dynamischer Eigenschaften, Ionenleitung. • Operando Röntgen-Analyse (bspw. XRD, XAS, …)
Voraussetzungen	Keine
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. oder 2. Fachsemester Bei Studienbeginn im Sommersemester sollte Batteriematerialien 2 im ersten und Batteriematerialien 1 im zweiten Semester belegt werden.
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Übungen: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 45 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Elektrochemie 1

Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrochemie
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Der Erwerb von Kompetenzen im Bereich der Elektrochemie. Insbesondere sollten die Studierenden am Ende dieses Kurses in der Lage sein: • Demonstrieren, wie das elektrochemische Potential und das chemischen Gleichgeweicht das thermodynamische Potential für eine elektrochemische Reaktion definiert • Diskutieren der Gültigkeit und Unzulänglichkeit der Butler-Volmer-Gleichung zur Beschreibung der Elektrodenkinetik und vertraut machen mit alternativen Theorien zur Beschreibung von Elektrodenkinetik (Marcus-Theorie, Gerischer-Modell und Kombinationen/Ableitungen davon), • Die Rolle des Ladungs- und Massentransports in elektrochemischen Systemen verstehen und diskutieren. • Ein allgemeines Verständnis dafür zu erlangen, was passiert (z. B. in Bezug auf gemessene Ströme, Konzentrationsgradienten, Diffusionsbeschränkungen usw.), wenn eine elektrochemische Zelle durch einen Potenzialsprung aus dem Gleichgewicht gebracht wird.
Inhalt	Die Vorlesung wird folgenden Themen behandeln: • Einführung & Überblick über Elektrodenprozesse • Potentiale und Thermodynamik von Zellen • Kinetik von Elektrodenreaktionen • Stofftransport durch Migration und Diffusion • Doppelschichtige Struktur und Adsorption • Grundlegende Potentialstufenmethoden Die Übungen zu den Vorlesungsinhalten werden in die geplante aktive Präsenzzeit des Moduls integriert.
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Übung: 15 Stunden, Prüfungsvorbereitung: 75 Stunden

Elektrochemie 2

Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrochemie, Lehrstuhl für Elektrodendesign elektrochemischer Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Praktikum (1 SWS)
Lernziel	Der Erwerb von Kompetenzen im Bereich der Elektrochemie, insbesondere in Bezug auf die Methodik (in Theorie und Praxis). Insbesondere sollten die Studierenden am Ende dieses Kurses in der Lage sein: • Zu beschreiben, wie lineare und/oder zyklische Voltammetrie zur Charakterisierung der thermodynamischen und kinetischen Eigenschaften einer elektrochemischen Reaktion verwendet werden kann. • Zu beschreiben, wie die Methode der Impedanzspektroskopie funktioniert und wie sie zur Charakterisierung von Festkörperproben, sowie von Fest-elektroden-Flüssig-Elektrolyt-Zellen eingesetzt werden kann. • Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen potenzial- und stromgesteuerten Methoden zur Charakterisierung elektrochemischer Systeme bestehen zu erläutern. • Vor- und Nachteile konvektionsgesteuerte elektrochemische Methoden zu erläutern (hydrodynamische Elektrochemie). • den Aufbau von Drei- und Zweielektrodenzellen zu beherrschen und die beschriebenen Methoden sicher anzuwenden. • Elektrochemische Daten mit Hilfe statistischer Verfahren, einschließlich Sensivitätsanalyse und asymptotische Statistik zu analysieren. • Methoden zur optimalen Versuchsplanung unter Anwendung von Simulationen zum praktischen Verständnis zu beschreiben.
Inhalt	Die Vorlesung baut auf dem Modul Elektrochemie 1 auf und basiert teilweise auf dem Inhalt des Lehrbuchs „Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications“ (3. Auflage) von Bard, Faulkner und White. Die folgenden Methoden werden behandelt: • Grundlegende „Potential Sweep“ Methoden • Stromgeregelte Methoden • Methoden mit erzwungener Konvektion - hydrodynamische Methoden • Methoden die auf dem Konzept der Impedanz basieren Der Impedanzteil wird durch den Inhalt anderer Lehrbücher ergänzt, die zu Beginn des Moduls vorgestellt werden. Der letzte Teil des Kurses befasst sich mit der statistischen Analyse elektrochemischer Experimente. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Techniken der Parameterinversion und der Regressionsanalyse, die am Beispiel der elektrochemischen Impedanzspektroskopie angewendet wird. Der Kurs befasst sich auch mit der Anwendung von frequentistischen und Bayes'schen Methoden für die Versuchsplanung sowie mit Konzepten des aktiven Lernens, der schnellen Datenerfassung, segmentierten Modellen und asymptotischen Analysen. Simulationsgestütztes Lernen ist durchgängig integriert, um die theoretischen Konzepte durch praktische Anwendung zu verstärken. Das Praktikum des Moduls findet in den Laboren des Lehrstuhls für Elektrochemie statt. Die genauen Versuche hängen von der zu Beginn des Moduls verfügbaren Ausstattung ab. Mögliche Experimente sind folgende: • Bestimmung der ionischen Leitfähigkeit von Festelektrolyten (mittels Impedanzspektroskopie, Zwei-Elektroden-Messung) • Zyklische Voltammetrie von (quasi)reversiblen Redoxpaaren

	• Zusammenbau und galvanostatische (Konstantstrom-)Zyklen von Li-Ionen-Knopfzellen • Charakterisierung der Doppelschichtkapazität von inerten Elektrolyten mittels zyklischer Voltammetrie und Impedanzspektroskopie (Drei-Elektroden-Messung) • Bestimmung des elektrochemischen Stabilitätsfensters eines Elektrolyten durch stufenweise Voltammetrie (Zwei- oder Dreielektrodenmessung) • Elektrochemie mit rotierenden Ringscheiben: Messung an drei Elektroden, Kalibrierung und Bestimmung der faradayschen Effizienz des erzeugten Sauerstoffs
Voraussetzungen	• Vorlesung und Übungen: keine • Praktikum: bestandene Elektrochemie 1 Modulprüfung, und eine zusätzliche mündliche Prüfung über die Theorie der geplanten Experimente. • Empfohlen: mathemische und physikalisch-chemische Angleichungsmodule
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur (90-120 Minuten) oder mündliche Prüfung (20-40 Min.) (9/10) und Beitrag (Praktikumsbericht,1/10).
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Übung: 15 Stunden, Praktikum: 15 Stunden Vor- und Nachbereitung: 45 Stunden Prüfungsvorbereitung: 45 Stunden

Forschungsmodul

Themen für das Forschungsmodul können von allen am BayBatt beteiligten Lehrstühlen gestellt werden und werden über eLearning veröffentlicht. Wenn Studierende an einem bestimmten Forschungsthema interessiert sind, ist es zusätzlich möglich, dass sie den betreffenden Lehrstuhl direkt kontaktieren und dies als ihr Forschungsthema anfragen und es vom Prüfungsausschuss genehmigen lassen.
Anstelle von 2 Vertiefungsmodulen kann ein zweites Forschungsmodul absolviert werden. Das zweite Forschungsmodul kann nicht am gleichen Lehrstuhl durchgeführt werden.

Verantwortlichkeit	Die jeweiligen Lehrstühle bzw. Professuren
Veranstaltungsform	Projektarbeit und Seminar (1 SWS)
Lernziel	Die Studierenden sollen einen Einblick in die aktuelle Forschungspraxis erhalten. Zudem sollen sie durch eigenständige Laborarbeit unter Anleitung experimentelle Fähigkeiten erwerben, und es sollen Teamfähigkeit geübt und Präsentationstechniken geschult werden.
Inhalt	Die Lerninhalte betreffen die aktuellen Forschungsprojekte des Lehrstuhls. Das Modul beinhaltet experimentelle Arbeit, Literaturarbeit, Teilnahme an den Arbeitsgruppenseminaren mit eigenem Vortrag und die Erstellung eines Protokolls.
Voraussetzungen	Die erfolgreiche Absolvierung aller individuellen Angleichungsmodule und von drei Pflichtmodulen ist verpflichtend. (gesamt: mindestens 30 LP)
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch
ECTS-Leistungspunkte	10 LP
Modulprüfung	Beitrag (schriftlicher Bericht, 3/4) und Präsentation (1/4)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Praktikum und Auswertung: 200 Stunden Vorbereitung: 25 Stunden, Ausarbeitung: 50 Stunden Präsentation: 25 Stunden

Forschungsplan

Verantwortlichkeit	Die jeweiligen Lehrstühle bzw. Professuren
Veranstaltungsform	Projektarbeit und Seminar (2 x 1 SWS)
Lernziel	Im Rahmen dieses Moduls erlernen die Studierenden die Vorbereitung einer wissenschaftlichen Arbeit, insbesondere im Hinblick auf den aktuellen Forschungsstand, unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Literatur sowie einer angemessenen Zeit- und Versuchsplanung. Am Ende des Moduls sind die Studierenden in der Lage, aktuelle wissenschaftliche Arbeiten vor einem Fachpublikum zu präsentieren und zu diskutieren sowie ein prägnantes Forschungsvorhaben zu verfassen, das als Vorbereitung für die spätere Masterarbeit dienen soll.
Inhalt	Für das Forschungsvorhaben wählen die Studierenden in Absprache mit einem Lehrstuhl ein Thema aus dem Bereich der Batteriematerialien und -technologie, das als Vorarbeit für die Masterarbeit genutzt werden kann. Es soll eine aktuelle Literaturübersicht erstellt werden, die aktuelle wissenschaftliche Arbeiten in den Gesamtkontext stellt. Die wesentlichen Fragestellungen des Forschungsvorhabens werden in Beziehung zueinander gesetzt. Die Hypothesen sind klar zu umreißen und ein Prüfplan ist zu erstellen. Weiterhin sind die notwendigen instrumentellen Voraussetzungen zu klären und der zeitliche und materielle Aufwand der geplanten Experimente einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Die Ergebnisse des Forschungsplans sind in einem schriftlichen Bericht und einer Präsentation zusammenzufassen. Die Präsentation und die anschließende Diskussion dienen der Verbesserung der Präsentationsfähigkeiten und ermöglichen ein umfassendes Feedback der BayBatt-Lehrstühle und der Kommiliton *innen. Die Studierenden besuchen das wöchentliche BayBatt-Seminar, in dem aktuelle wissenschaftliche Arbeiten aus dem Bereich der Batteriematerialien und -technologie von BayBatt-Mitgliedern und externen Gästen aus Industrie und Wissenschaft vorgestellt werden.
Voraussetzungen	Empfohlen: Batteriesystemtechnik 1+2, Batteriematerialien 1+2, Elektrochemie 1+2
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch/ Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Zusammensetzung • Teilnahme am BayBatt-Seminar während des gesamten Semesters • Eigenständige Bearbeitung und Präsentation eines aktuellen wissenschaftlichen Themas aus dem Bereich der Batteriematerialien/ -technologie, einschließlich einer Literaturrecherche • Präsentation des Themas in der Arbeitsgruppe des betreuenden Lehrstuhls, gefolgt von einer akademischen Diskussion • Schriftlicher Bericht zum ausgewählten Thema	
Modulprüfung	Beitrag (schriftlicher Bericht, 1/2) und Präsentation (1/2)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Präsenzzeit: 30 Stunden, Literaturrecherche, Erarbeitung der Präsentation und des Berichts: 120 Stunden

Masterarbeit

Verantwortlichkeit	Die jeweiligen Lehrstühle bzw. Professuren
Lernziel	Fähigkeit zur selbstständigen Bearbeitung eines forschungsrelevanten batterietechnischen Problems; Übung in schriftlichen und mündlichen Präsentations- und Kommunikationstechniken.
Inhalt	Schriftliche Ausarbeitung zu einem aktuellen batterietechnischen Thema (Masterarbeit / Master-Thesis)
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit; Bestehen von Prüfungen im Umfang von mindestens 40 LP, und des Forschungsplan-Moduls (zu dieser und weiteren Regelungen siehe Prüfungs- und Studienordnung).
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	4. Fachsemester
Sprache	Deutsch oder Englisch
ECTS-Leistungspunkte	30 LP
Modulprüfung	Schriftliche Ausarbeitung (3/4) und Disputation (1/4)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Forschung, Auswertung und schriftliche Ausarbeitung der Masterarbeit Gesamt: 900 h

Wahlpflichtmodule

Es sind drei Wahlpflichtmodule im Umfang von je 5 LP zu belegen, wobei mindestens ein Modul aus dem Wahlpflichtbereich „Ingenieurwissenschaften“ zu wählen ist.
Die Wahlpflichtmodule sind aus dem folgenden Wahlpflichtmodulkatalog zu wählen.

Ingenieurwissenschaften

Modultitel	Batterie-Management-Systeme
Verantwortlichkeit	Juniorprofessur für Methoden des Batteriemanagements
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Praktikum (2 SWS)
Lernziel	Sie kennen die wesentlichen Aufgaben, Funktionen und Komponenten eines Batterie-Management-Systems. Sie wissen mit welchen Komponenten, Modellen und Algorithmen die Funktionen typischerweise umgesetzt werden und kennen die Vor- und Nachteile verschiedener Ansätze. Sie verstehen die Funktionsweise der Methoden und können sie auch in der Praxis anwenden. Sie sind in der Lage verschiedene Lösungsansätze zu beurteilen und können geeignete Methoden auswählen.
Inhalt	Überblick zur Notwendigkeit und zu den Funktionen eines Batterie-managementsystems (BMS). Überblick über Hardwarekomponenten und mögliche Topologien und Technologien. Grundlagen zu den wesentlichen Funktionen. Dazu gehören beispielsweise aktives und passives Balancing, Sicherheitsfunktionen, modellbasierte und nicht modellbasierte Verfahren zur Schätzung des Lade- und Gesundheitszustandes. Überblick über Alterungs-modelle und deren Anwendung im Batteriemanagement. Grundlagen der modellbasierten Maximalleistungsvorhersage und der modellbasierten Regelung. Darüber hinaus wird die praktische Anwendung der erlernten Methoden im Labor behandelt.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit; ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse im Umfang eines universitären Bachelorstudiengangs, speziell in Mathematik und Elektrotechnik; Grundkenntnisse im Bereich der Batterietechnik.
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Im Wintersemester: Englisch Im Sommersemester: Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur (3/5) und Beitrag (Praktikumsbericht mit Testat, 2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen 30 Stunden Praktikum: 40 Stunden Durchführung; Vor- und Nachbereitung 20 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Modultitel	Battery Data Analytics
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Systemtechnik elektrischer Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS) und Seminar (1 SWS)
Lernziel	Am Ende des Kurses werden die Studierenden in der Lage sein: • Python anzuwenden zum Importieren, Bereinigen, Filtern und Visualisieren von Daten, die typisch für den Batteriebereich sind • Jupyter-Notebooks zur Strukturierung, Durchführung und Präsentation von Datenanalysen zu verwenden • Grundlegenden statistische Methoden auf Batteriedaten anzuwenden • Die Dimensionalität von Daten zu reduzieren • Maschinelles Lernen anzuwenden, um Parameter für bekannte Module zu extrahieren und die Ergebnisse zu diskutieren • Unüberwachtes maschinelles Lernen auf Batteriedaten anzuwenden und Ergebnisse zu interpretieren • Zu beurteilen, wann welche Methode eingesetzt werden sollte • Das Ergebnis einer Datenanalyse zu präsentieren
Inhalt	Nach einer Einführung in die Verwendung von Python und Jupyter Notebooks zur Strukturierung, Durchführung und Präsentation von Datenanalysen mit Schwerpunkt auf Daten aus dem Batteriebereich werden grundlegende statistische Methoden und Vorverarbeitungstechniken vorgestellt. Mit Hilfe von linearer Regression und fortgeschrittenen Methoden werden Parameter für bekannte oder angenommene Modelle abgeleitet. Unüberwachte Methoden des maschinellen Lernens, wie Clustering und Dimensionalitätsreduktion, werden ebenfalls vorgestellt. Support Vector Machines werden zur Kategorisierung und Vorhersage eingesetzt. Abschließend wird ein Ausblick auf die Anwendung neuronaler Netze gegeben, wobei die Grundprinzipien anhand eines einfachen Beispiels erläutert, zu physikalisch informierten neuronalen Netzen erweitert und die Möglichkeiten des Transferlernens diskutiert werden. Neben der Bearbeitung von Übungsaufgaben führen die Studierenden ein Datenanalyseprojekt durch, in dem sie selbstständig eine Analyse durchführen und ihre Ergebnisse präsentieren.
Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse im Programmieren; BST1 und BST 2 empfohlen
Angebotsturnus / Dauer	Erstmals im Sommersemester 2025, anschließend jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Semester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Beitrag (Hausarbeit, 3/5) und Präsentation (2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Übung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen, Hausarbeit: 45 Stunden Seminar: 15 Stunden, Vorbereitungen: 15 Stunden

Modultitel	**Computergestütztes Elektrodendesign**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrodendesign für elektrochemische Energiesysteme
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Praktikum (1 SWS)
Lernziel	Am Ende des Kurses werden die Studierenden in der Lage sein: • Die Berechnungsmethoden zur Analyse und Erstellung elektrochemischer Systeme zu beherrschen. • Programme zu schreiben, die auf das Verständnis und die Erstellung von Elektroden abzielen. • Simulationen unter Verwendung der Finite-Elemente-Analyse und verwandter Techniken durchzuführen. • Gleichungen der Festkörpermechanik zu formulieren und zu lösen.
Inhalt	Dieser Kurs konzentriert sich auf die Berechnungswerkzeuge, die zur Untersuchung und Verbesserung elektrochemischer Systeme verwendet werden. Er beginnt mit einem Überblick über wesentliche angewandte Berechnungen wie angewandte lineare Algebra, Multiskalenanalyse, Galerkin-Approximationen, Festkörpermechanik und Finite-Elemente-Methoden, die alle für die Entwicklung elektrochemischer Elektroden entscheidend sind. Ein wesentlicher Teil des Kurses ist der Anwendung der Finite-Elemente-Analyse gewidmet. Durch praktische Übungen und Sitzungen werden die Studierenden Programmierkenntnisse entwickeln und mit Open-Source-Modellierungssoftware arbeiten. Diese praktischen Aktivitäten umfassen die Analyse von Elektrodenbildern, Transportphänomenen, Mechanik und Elektrodenoptimierung.
Voraussetzungen	Individuelle Angleichungsmodule
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung (1/2) und Präsentation (1/2)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Übung: 15 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Praktikum: 15 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Modultitel	Data Analysis in Energy and Climate
Verantwortlichkeit	Juniorprofessur für Wirtschaftsinformatik und vernetzte Energiespeicher
Veranstaltungsform	Seminar (3 SWS)
Lernziele	Die Studierenden haben Erfahrung mit der Zusammenstellung, der Analyse und der Visualisierung von energie- und klimarelevanten Daten mittels Python. Sie sind in der Lage, relevante Daten in ökonometrischen Analysen sowie in Modellierungsstudien zu nutzen.
Inhalt	Dieser Kurs bietet einen Überblick zu Realdaten in den Bereichen Energie und Klima, insbesondere von Geodaten im Bereich Strommärkte und Elektromobilität. Der Kurs deckt verschiedene Datenquellen und Ressourcen wie APIs und Webcrawling ab. Der weitergehende Fokus liegt auf Geodaten, darunter sozioökonomischen Daten auf Gemeindeebene, Photovoltaik oder Elektroautoladestationen. Wir führen Konzepte und Werkzeuge zur Bearbeitung, Visualisierung und Nutzung von Geodaten mit dem geopandas-Package in Python ein. Außerdem werden wir die Daten beispielhaft in ökonometrischen Analysen und Modellierungsstudien nutzen.
Voraussetzungen	Grundlegende Programmiererfahrung (z.B. mit Python) ist empfohlen
Angebotsturnus / Dauer	Sommersemester 2025, ab Wintersemester 2025/26 jährlich im Wintersemester / 1 Semester Das Modul wird als Blockkurs angeboten.
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Präsentation (2/5) und Beitrag (Hausarbeit, 20 Seiten, 3/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Seminar: 30 Stunden Vor- und Nachbereitung des Seminars sowie der Präsentation: 60 Stunden Schreiben der Hausarbeit: 60 Stunden

Modultitel	**Elektrische Energiesysteme**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS) und Praktikum (1 SWS)
Lernziele	Fachkenntnisse und Fähigkeiten zum Betrieb und zur Optimierung von Energiesystemen
Inhalt	• Beschreibung und Modellierung von elektrischen Energiesystemen; • der Regelung und Betriebsführung von Energiesystemen; • der Methoden des Energiemanagements • Grundlagen der Optimierung von Energiesystemen unter den Randbedingungen der Wirtschaftlichkeit, Effizienz, Zuverlässigkeit, Langlebigkeit und Versorgungssicherheit; • Die Methoden der Optimierung umfassen gradientenbasierte und -freie Verfahren, • Methoden der Optimierung unter Nebenbedingungen und global optimale Verfahren. • Die behandelten elektrischen Energiesysteme erstrecken sich von dezentralen elektrochemischen Speichern über Kraftwerke, Verteilnetze und Microgrids bis zu elektrischen Übertragungsnetzen; • Anwendung und Vertiefung der Kenntnisse anhand von Übungsbeispielen.
Voraussetzungen	Modul Batteriesystemtechnik 1
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch/Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen 15 Stunden Übungen: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Praktikum: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	Elektrodendesign
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrodendesign für elektrochemische Energiesysteme
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übungen (2 SWS)
Lernziel	Am Ende des Kurses werden die Studierenden in der Lage sein: • Berechnung wesentlicher Eigenschaften, die für das Elektrodendesign relevant sind. • Anwendung der Prinzipien des Materialdesigns, um effektive Batterie-elektroden zu entwickeln. • Analyse von Produktionsanlagen, Verarbeitungsprozessen und Methoden für Batteriezellen. • Verstehen der Montageprozesse für die reale Elektrodenherstellung.
Inhalt	Dieser Kurs bietet eine umfassende Untersuchung der Prinzipien, die die Grundlage für das Design von Batterieelektroden in verschiedenen Batterie-technologien bilden. Er beginnt mit einer Einführung in die Physik von wieder-aufladbaren Batterien, mit besonderem Schwerpunkt auf elektrochemischen Zellen und deren Funktionsweise. In diesem Teil wird die Thermodynamik von Batterien erläutert und die Studierenden werden bei der Berechnung wichtiger Eigenschaften angeleitet, die für das Elektrodendesign relevant sind, z. B. gravi-metrische und volumetrische Kapazitäten, elektromotorische Kraft und maximaler Energiegehalt. Der Kurs geht über in die Erforschung der Dynamik verschiedener Prozesse, gefolgt von einer detaillierten Diskussion über Designprinzipien. Durch die Betonung der grundlegenden physikalischen und chemischen Prinzipien und die Einbeziehung von Modellierungstechniken vermittelt dieser Abschnitt ein Verständnis der Elektrodenkonstruktion. In den folgenden Modulen werden Produktionsanlagen für Batteriezellen, Ver-arbeitungsprozesse und Methoden untersucht, die speziell auf die Herstellung funktionaler Elektroden zugeschnitten sind. Auf diese Weise erhalten die Studierenden einen umfassenden Einblick in die reale Elektrodenherstellung, der ihnen ein abgerundetes und angewandtes Verständnis des Themas vermittelt.
Voraussetzungen	Individuelle Angleichungsmodule
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Übungen: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	Elektrokatalyse und elektrochemische Verfahrenstechnik
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Werkstoffverfahrenstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Seminar (1 SWS)
Lernziel	Die Studierenden wiederholen aktiv die Elektrochemischen Grundlagen und diskutieren die Prinzipien der Elektrokatalyse im Vergleich zur Katalyse. Sie lernen den Aufbau elektrochemischer Reaktoren kennen und vertiefen ihre Kenntnisse zu Transportprozessen, insbesondere in porösen Schichten. Anhand aktueller Beispiele aus Brennstoffzellen, der Elektrolyse etc. werden die Studierenden befähigt, komplexe elektrochemische Systeme detailliert zu beschreiben und für eine spätere Anwendung auszulegen.
Inhalt	• Elektrochemische Grundlagen • Elektrochemie im Gleichgewicht: Doppelschicht und Nernst • Elektrodenkinetik: Butler, Koutechy-Levich • Prinzipien der Elektrokatalyse • Vergleichende Betrachtung zur Katalyse • Vulkan-Kurven und Determinanten • Aufbau elektrochemischer Reaktoren • Transportprozesse Aktuelle Beispiele: Brennstoffzellen, Elektrolyse, CO_2-Reduktion
Voraussetzungen	Grundkenntnisse Chemische Kinetik, Katalyse, chem. Verfahrenstechnik
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich (Wintersemester) / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch / Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Schriftliche oder mündliche (20 Min.) Prüfung (2/3) und Präsentation (Seminarvortrag, 15 Min, 1/3)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung, Vor- und Nachbereitung: 45 Stunden Seminar, Vor- und Nachbereitung: 45 Stunden Vorbereitung der Prüfung und Präsentation: 60 Stunden

Modultitel	**Funktionsbauteile und Technologien für Automobil und Mechatronik**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Funktionsmaterialien
Veranstaltungsform	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS) und Praktikum (1 SWS)
Lernziel	• Überblick über die Elektrotechnologie und über elektronische Bauelemente • Beurteilungskompetenz zur Elektrotechnologie und zu Bauteilen und ihren Technologien, wie sie für einen in der Automobil- oder Zulieferindustrie tätigen Ingenieur notwendig sind, mit besonderer Berücksichtigung materialbezogener und prozessbedingter Aspekte
Inhalt	• Elektrotechnologien, wie sie für einen in der Automobil- oder Zuliefererindustrie tätigen Ingenieur benötigt werden • Besonderer Schwerpunkt liegt auf der Aufbau- und Verbindungstechnik • Herstellung und Technologie elektronischer Bauelemente und Komponenten inkl. Anwendungen und Kenngrößen • Vorlegungsbegleitendes Praktikum zur Elektrotechnologie und zur Bauteilcharakterisierung
Voraussetzungen	Individuelle Angleichungsmodule, empfohlen: Bachelorabschluss in Engineering Science oder vergleichbar
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung und Übung: 60 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Praktikum: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	Methoden der Festkörpercharakterisierung
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Werkstoffverfahrenstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Praktikum (2 SWS)
Lernziele	Ziel ist es, Kernkompetenzen auf dem Gebiet der Charakterisierung von Festkörpern zu erwerben. Die Studierenden erhalten einen Überblick über Spektroskopie-, Mikroskopie- und Beugungsmethoden, die üblicherweise zur Analyse von Batteriematerialien ex-situ, in-situ und operando eingesetzt werden. Sie lernen verschiedene Aufbauten, Orts- und Tiefenauflösung, die Funktionsprinzipien und die jeweiligen methodischen Randbedingungen kennen. Die Studierenden werden in der Lage sein, dieses neue Wissen zu nutzen, um die vielversprechendste Methode oder Kombination von Techniken auszuwählen.
Inhalt	Die Vorlesung behandelt folgende Themen: Überblick und Klassifizierung von Charakterisierungstechniken, allgemeine Versuchsaufbauten, Quellen, Monochromatoren, Detektoren. Nach der allgemeinen Einführung wird in jeder weiteren Vorlesung eine spezifische Methode, ihr Funktionsprinzip, ihre Vorteile und Einschränkungen beleuchtet. Röntgenbeugung (XRD), Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS), Elektronenmikroskopie (SEM, TEM) und andere relevante Techniken werden eingehend behandelt. Dies wird es den Studierenden ermöglichen, den am besten geeigneten methodischen Ansatz für verschiedene praktische und batteriebezogene Beispiele auszuwählen. Im Praktikum vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse in den verschiedenen Methoden, indem sie unter Anleitung eine am Lehrstuhl vorhandene Kombination verschiedener Techniken anwenden, um ein von ihnen hergestelltes Batteriematerial bzw. eine selbst prozessierte Elektrode zu charakterisieren.
Voraussetzungen	Empfohlene Angleichungsmodule: Grundlagen der Materialwissenschaften und physiko-chemische Grundlagen
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur, Praktikum mit Durchführungspflicht (inkl. Abgabe einer schriftlichen Hausaufgabe, bestätigt mit bestanden)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen 30 Stunden Praktikum: 30 Stunden, schriftliche Hausaufgabe: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Modultitel	**Modellbildung und Simulation elektrochemischer Energiespeicher**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Praktikum (2 SWS)
Lernziele	• Kenntnisse über die Grundlagen und Theorien der in einem elektrochemischen Speicher stattfindenden Prozesse; • Kompetenzerwerb in den Methoden und Ansätzen der Modellierung und Simulation elektrochemischer Speicher
Inhalt	• Vermittlung der Theorie zu Grundlagen elektrochemischer Speicher: Elektrochemisches Potential und Thermodynamik, Stofftransport in Elektrolyt und Elektrode, Doppelschicht und Elektrodenkinetik • Vermittlung der Methoden der Modellierung und Simulation elektrochemischer Speicher in Theorie und Praxis: Modellierungskonzepte, Modellklassen • Zu folgenden Themenfeldern werden Modellierungsansätze behandelt: konzentrierte Ersatzschaltbildmodelle, ortsdiskretisierte Leitermodelle, Newman-Modell zur Vereinfachung poröser Strukturen, Finite-Elemente-Methode zur Lösung partieller Differentialgleichungen, Thermische Modellbildung, Elektrochemische Impedanzmodelle (EIS) mit Vertiefung zu Verteilten Relaxationszeiten (DRT) • Abschließend erfolgt ein Ausblick auf weitere Modellierungsansätze wie z.B. Gauß-Prozess-Modelle oder neuronale Netze sowie eine Einordnung und Bewertung der behandelten Modelle.
Voraussetzungen	Modul Batteriesystemtechnik 1
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung (3/5) und Beitrag (Praktikumsbericht, 2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden, Praktikumsversuche (Programmierung und Dokumentation): 30 Stunden Vor- und Nachbereitung der Versuche: 45 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Modultitel	**Ökonomische Grundlagen von Strommärkten**
Verantwortlichkeit	Juniorprofessur für Wirtschaftsinformatik und vernetzte Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) and Übung (2 SWS)
Lernziel	Die Studierenden kennen die Grundlagen der Elektrizitätsmärkte und können die zugrundeliegenden ökonomischen Mechanismen modellieren sowie Optimierungsstudien für die Wirtschaftspolitik interpretieren.
Inhalt	Diese Vorlesung bietet eine Einführung in die ökonomischen Grundlagen von Strommärkten. Zunächst diskutieren wir Großhandelsmärkte und wie das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage zeit- und ortsabhängige Strompreise bestimmt. Anschließend untersuchen wir den deutschen Markt sowie andere internationale Märkte, um zu verstehen, wie sich Marktregeln auf die Preisbildung und die Integration erneuerbarer Energien auswirken. Außerdem erläutert die Vorlesung, wie Strommärkte mithilfe gängiger Programmiersprachen modelliert werden können und wie Optimierungsmodelle zur Untersuchung politisch relevanter Fragen wie dem Ausstieg aus der Kernenergie oder der Einführung eines CO2-Preises verwendet werden können. Die Vorlesung wird außerdem weitere ergänzende Themen ansprechen, die für die Dekarbonisierung des Stroms relevant sind, wie z. B. verschiedene Instrumente zur CO2-Bepreisung, politische Maßnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien und nachfrageseitige Maßnahmen.
Voraussetzungen	Grundlegende Programmierkenntnisse, wie bspw. In "Grundlagen des wissenschaftlichen Programmierens" vermittelt, sind empfohlen, aber nicht verpflichtend
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 ECTS
Modulprüfung	Schriftliche oder mündliche Prüfung (1/2) und Beitrag (Hausarbeit, 1/2)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden Vorbereitung und Selbststudium: 30 Stunden Übung: 30 Stunden Schreiben der Hausarbeit: 60 Stunden

Modultitel	**Systems Engineering und Requirements Engineering**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Systemtechnik elektrischer Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziel	Am Ende des Kurses sind die Studierenden in der Lage: • Aufgaben und Ziele von SE, sowie die Rolle des SE-Ingenieurs zu erklären • Phasen im Systemlebenszyklus und unterschiedliche Lebenszyklus-modelle zu erklären • Systemschnittstellen zu identifizieren und eine sinnvolle System-abgrenzung vorzunehmen • Stakeholder zu identifizieren und Anforderungen an ein System zu ermitteln • gute natürlichsprachliche Anforderungsspezifikationen selbst zu formulieren und bestehende zu bewerten • einfache Systemmodelle mittels SysML zu erstellen und komplexere Diagramme zu verstehen • Verhalten und Architektur eines Systems mittels SysML zu beschreiben • Methoden zur Lösungsraumerweiterung anzuwenden • Methoden und Techniken zur Bewertung von Lösungsalternativen anzuwenden
Inhalt	Grundlagen des Systems Engineering (SE): Systemdefinition und Abgrenzung, Ziele und Aufgaben im SE, Phasen im SE und unterschiedliche Lebenszyklusmodelle; Methoden und Techniken zur Erweiterung des Lösungsraums; Varianten bewerten und Entscheidungen treffen; Grundlagen des Requirements Engineering (RE): Bedeutung von guten Anforderungen, Anforderungen gewinnen, formulieren und verwalten; Anforderungen modellieren, entspricht dem Curriculum des IREB Foundation Level Modellbasiertes SE mit SysML: Einführung und Anwendung der unterschiedlichen Diagramme; Verifikation und Validierung im Systementwicklungsprozess
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Im Wintersemester: Englisch Im Sommersemester: Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 25 Stunden Übungen: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Prüfungsvorbereitung: 50 Stunden

Naturwissenschaften

Modultitel	Computergestütztes Materialdesign
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Theoretische Physik VII
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übungen (1 SWS)
Lernziel	Ziel der Veranstaltung ist das Erlangen grundlegender Kompetenzen auf dem Gebiet des rechnergestützten Materialdesigns. Studierende erlangen dabei einen Überblick über die batterierelevanten Materialeigenschaften und die rechnerischen Methoden zu deren Berechnung. Abschließend werden die Studierenden auch eine grundlegende Einleitung in maschinenlernende Methoden zur Vorhersage solcher Materialeigenschaften erhalten.
Inhalt	• Strukturelle Materialeigenschaften: Kristallstrukturen, Kristallstabilität, elastische Konstanten, Kristall-vibrationen und Phononen, thermische Eigenschaften, thermische Ausdehnung, Wärmetransport; • Elektronische Materialeigenschaften: Zustandsdichte, Fermi-Dirac-Statistik, Wärmekapazität, Bloch Theorem, Leitfähigkeit; • Rechnergestützte Methoden: theoretischer Hintergrund der Dichtefunktionaltheorie, Hohenberg-Kohn Theoreme, Kohn-Sham Dichtefunktionaltheorie, Austausch-Korrelations-funktionale, lokale Dichte und generalisierte Gradientenfunktional-approximationen, fortgeschrittene Dichtefunktionaltheorie; • Maschinelles Lernen: Konzepte, neuronale Netzwerke und Kernel basierte Methoden, Vor- und Nachteile maschinenlernender Methoden
Voraussetzungen	Empfohlen: Angleichungsmodul Physik oder Grundlagen der Physik & Quantenmechanik
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch / Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Übungen: 15 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Prüfungsvorbereitung: 60 Stunden

Modultitel	**Elektrochemische Energiesysteme und Energiewandlung**
Verantwortlichkeit	Lehrstühle für Physikalische Chemie
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Praktikum (3 SWS)
Lernziel	Die Studierenden werden mit den Möglichkeiten und Anwendungen moderner elektrochemischer Energiesysteme und Energiewandlung vertraut gemacht.
Inhalt	Die Vorlesung befasst sich mit Eigenschaften, Prozessen und Schnittstellen zur elektrochemischen Speicherung und Umwandlung von Energie. Der Schwerpunkt liegt auf allgemeinen Zellkonzepten, modernen halbleitenden Elektroden und Grundlagen elektrochemischer Analyse. Die folgenden Aspekte werden behandelt: • Allgemeine Elektrodenprozesse (Elektronentransfer, Stofftransport) • Überblick über elektrochemische Zellen • Elektrochemische Analyse wie z.B. zyklische Voltammetrie und Impedanzspektroskopie • Elektrokatalyse und Photoelektrochemie (Wasserspaltung, ...) • Methoden der Operando-Analytik. • Verständnis katalytischer Oberflächen- und Grenzflächenprozesse nach ersten Prinzipien: Dichtefunktionale Modellierung der Oberflächenadsorption, Adsorptionsisothermen, (elektro)chemische Potentiale, Übergangszustandstheorie. • Moderne Theorie der (Elektro-)Katalyse an Oberflächen: Mikrokinetische Modelle, Mean-Field- und Steady-State-Näherungen, das Sabatier-Prinzip und seine Grenzen. Im Laborpraktikum werden die Studierenden anhand ausgewählter Beispiele mit den vorgestellten Messmethoden, Zellkonzepten und den dabei verwendeten Materialien vertraut gemacht. Dazu gehören unter Anleitung erfahrener Mitarbeiter der jeweiligen Lehrstühle insbesondere elektrochemische Charakterisierungsmethoden zur Untersuchung der Eigenschaften und Funktionsweisen von elektrochemischen Zellen, Elektroden und Systemen.
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch/ Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Schriftliche oder mündliche Prüfung (3/5) und Beitrag (Praktikumsbericht, 2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Praktikum: 45 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Modultitel	**Fortgeschrittene Polymermaterialien für Batterien**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Polymermaterialien für elektrochemische Speicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Ziel ist der Erwerb von Kompetenzen und die Auffrischung von Kenntnissen auf dem Gebiet der grundlegenden organischen und Polymerchemie. Die Vorlesung gibt einen Überblick über die gängigsten Polymerverbindungen und diskutiert deren Synthese, Charakterisierung und Eigenschaften.
Inhalt	Die Vorlesung vermittelt die Nomenklatur funktioneller organischer Gruppen und gibt einen Überblick darüber, wo organische und polymere Verbindungen in Batterien relevant sind. Es wird kurz auf die Geschichte der Polymere und Batterien eingegangen, sowie auf das Funktionsprinzip von Batterien und die wichtigsten Leistungsindikatoren. Im Mittelpunkt der Vorlesung stehen die Grundlagen der makromolekularen Chemie, d.h. die Struktur von Polymeren, ihre Synthese, Charakterisierung und Eigenschaften: • Definitionen: Polymerisationsgrad, Zahlenmittel und Massenmittel des Molekulargewichts, Molekulargewichtsverteilung und Polymertopologie. • Einzelkettenmodelle: Kettenkonformation, ideale Ketten, Random-Walk-Modell, Kuhn-Segmente, Persistenzlänge, reelle Ketten, Flory-Huggins-Theorie. • Analytische Methoden: kolligative Methoden, Viskositätsmessungen, GPC, DLS/SLS, SAXS • Synthesemethoden: Stufenwachstumspolymerisation, Kettenwachstumspolymerisation, Emulsionspolymerisation, • Synthesebeispiele industriell relevanter Polymere, Hochleistungspolymere und Spezialpolymere. • kontrollierte Polymerisationsmethoden: ionische Polymerisation, AROP, RAFT, ATRP, Copolymere und Polymerarchitekturen. • Materialeigenschaften: Polymere im festen Zustand, Schmelzen und Phasenübergänge, mechanische Eigenschaften, Rheologie, thermische Analyse, DSC, DMA, TGA • Polymerverarbeitung: Extrusion, Spritzguss, Faserspinnen. • Polymerrecycling: Kennzahlen zu Kunststoffproduktion und -abfall, Recyclingkonzepte und Zukunftsperspektiven, biologische und biobasierte Polymere • Abschließend eine kurze Einführung in funktionelle Polymere, Nanostrukturen aus Blockcopolymeren, Polymerelektrolyte, leitfähige Polymere, Polymerbeschichtungen
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung

Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Übungen: 15 Stunden; Vor- und Nachbereitung: 45 Stunden Prüfungsvorbereitung: 30 Stunden

Modultitel	**Fortgeschrittene Pulver-Röntgendiffraktion zur Strukturanalyse von Materialien – Von der Theorie zur Praxis**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Anorganische Aktivmaterialien für Elektrochemische Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Praktikum (2 SWS)
Lernziele	Die Vorlesung gibt eine Einführung in Röntgenstrahlen, Kristallographie und Beugungsmethoden. Besonderes Augenmerk wird auf die Strukturanalyse mit Beugungsmethoden und entsprechenden Softwarepaketen gelegt. Die Studierenden lernen alle relevanten Themen der Strukturanalyse mit einem breiten theoretischen Hintergrund kennen. Das Verständnis für die Methoden der Strukturanalyse wird durch das begleitende Praktikum unterstützt, in dem der Umgang mit Softwarepaketen wie FullProf, Vesta, Fox und Bilbao Crystallographic Server vermittelt wird.
Inhalt	Die Vorlesung behandelt speziell die Anwendung der Strukturanalyse auf verschiedene anorganische Materialien, darunter typische Batteriematerialien wie Li-Ionen-, Na-Ionen- und K-Ionen-Batterien sowie Festkörperbatterien. Die Vorlesung reicht von den Eigenschaften der Röntgenstrahlung bis zum experimentellen Aufbau von Pulverdiffraktionsexperimenten und führt in die Beugungstheorie mit Schwerpunkt auf Pulvermethoden ein. Relevante Aspekte von Symmetrieoperationen, Untergruppenbeziehungen und kristallographischen Bezeichnungen werden ebenfalls behandelt. Im praktischen Teil werden die Studierenden mit weit verbreiteten Open-Source-Softwarepaketen und deren Anwendung vertraut gemacht. Die Studierenden werden an Beugungsmessungen üben, um alle relevanten Schritte der Strukturanalyse durchzuführen: • Phasenidentifizierung • Indizierung und Strukturlösung aus Pulverdaten • Rietveld-Verfeinerung von bekannten Strukturen • Gruppe-Untergruppe-Beziehungen als Werkzeug für die Strukturanalyse • Kritische Bewertung der Verfeinerungsergebnisse • Fallstricke und häufig auftretende Fehler bei Verfeinerungsstrategien • Fortgeschrittene Themen: Einsatz von Neutronen, Fourier-Karten, Bond-Valence-Summen-Methoden, usw.
Voraussetzungen	Verpflichtend: individuelle Angleichungsmodule
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung (2/3) und Beitrag (Praktikumsbericht, 1/3)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 30 Stunden Praktikum: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 15 Stunden Prüfungsvorbereitung: 45 Stunden

Modultitel	**Impedanzmethoden zur Schnittstellencharakterisierung in Energiespeichersystemen**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Elektrochemie
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Seminar (1 SWS)
Lernziel	Ziel dieses Moduls ist die Vertiefung der Kenntnisse der Studierenden in der Methode der elektrochemischen Impedanzspektroskopie zur Grenzflächen-charakterisierung. Es werden die Grundlagen der Methode vorgestellt und die Studierenden haben die Möglichkeit, die Analyse von Impedanzspektren von Grenzflächen, die für Energiespeichersysteme relevant sind, zu beherrschen.
Inhalt	In der Vorlesung werden verschiedene Prozessmodelle zur Beschreibung von Impedanzspektren behandelt, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Ersatzschaltbildanaloga und kinetische Modelle. Darüber hinaus wird die Frequenzdispersion und ihre Bedeutung für die Elektrodenrauhigkeit sowie für poröse Elektroden erörtert. Schließlich werden die Herausforderungen bei der Interpretation von Impedanzantworten von 2 und 3 Elektroden vorgestellt. Am Ende der Vorlesung werden den Studierenden Themen zugewiesen, zu denen sie eine Präsentation vorbereiten müssen, einschließlich ihrer eigenen Bewertung/ Interpretation der Impedanzergebnisse.
Voraussetzungen	Empfohlen: • Elektrochemie 1 und Elektrochemie 2 • Individuelle Angleichungsmodule
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semes-ter	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Schriftliche (90-120 Min.) oder mündliche (20-40 Min.) Prüfung (3/4) und Präsentation (1/4).
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Seminar: 15 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 45 Stunden

Modultitel	**Kolloide und Grenzflächen**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Physikalische Chemie II
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Praktikum (3 SWS)
Lernziel	Der Kurs vermittelt Kenntnisse über die fortgeschrittene physikalische Chemie von Kolloiden und Grenzflächen. Die Oberflächenkraft, die kolloidale Systeme dominiert, wird ebenso vorgestellt wie Benetzungsphänomene und Hydrodynamik mit niedriger Reynoldzahl. Die analytische Technik zur Charakterisierung von Kolloid- und Grenzflächeneigenschaften wird vorgestellt und von den Studierenden praktisch angewendet.
Inhalt	Die Vorlesung wird Folgendes behandeln: Die Grenzflächen fest/flüssig, flüssig/flüssig und flüssig/gasförmig als Ausgangspunkt. Die diffuse Schicht an Grenzflächen wird im Detail behandelt, einschließlich der differentiellen Doppelschichtkapazität und der Grahame-Gleichung. Oberflächenkräfte, mit besonderem Schwerpunkt auf van der Waals-Kräften, diffuser Schicht-überlappung, Verarmungskräften und sterischen Kräften sind für das Verständnis und die Abstimmung kolloidaler Wechselwirkungen von grundlegender Bedeutung und stehen daher im Mittelpunkt der Vorlesung. Diese Themen werden gefolgt von Adsorptionsphänomenen an Grenzflächen, einschließlich der Adsorption von Lipiden und Polymeren. Ternäre Systeme und Pickering-Emulsionen stellen eine wichtige Ergänzung für Flüssig/Flüssig-Grenzflächen und die Formulierung von kolloidalen Wechselwirkungen dar. Benetzungsphänomene mit dem Schwerpunkt fest/flüssig-Grenzflächen und reale Systeme stellen ein weiteres Thema der Vorlesung mit wichtigen praktischen Anwendungen dar. Die DLVO-Theorie und ihre Konsequenzen für die kolloidale Stabilität werden im Detail behandelt. Das letzte Thema ist die Hydrodynamik mit niedriger Reynoldzahl und die Mikrofluidik. In der Vorlesung werden die analytischen Methoden der Kolloid- und Grenzflächenforschung vorgestellt, wie z.B. elektrokinetische Methoden, Streutechniken, Rastersondenverfahren oder elektrochemische und Titrationstechniken. Im Laborpraktikum werden die Studierenden in die Charakterisierung von Grenzflächen- und Kolloidalsystemen eingeführt und mit den in der Vorlesung vorgestellten Konzepten vertraut gemacht. Im Labor werden Methoden wie Impedanzspektroskopie, Quarzmikrowaage, Mikrofluidik, optische und Rastersondenmikroskopie angewandt.
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch / Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Schriftliche oder mündliche Prüfung (3/5) und Beitrag (Praktikumsbericht, 2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Praktikum: 45 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	Nanochemie
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Anorganische Kolloidchemie elektrochemischer Speicher, Lehrstuhl für Anorganische Chemie III
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Praktikum (3 SWS)
Lernziel	In diesem Kurs erwerben die Studierenden einen fundierten Überblick über aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet fester anorganischer Materialen mit einem Schwerpunkt auf Aspekten der Nanochemie.
Inhalt	In der Vorlesung werden Eigenschaften, Anwendungen und grundlegende Aspekte fester anorganischer funktionaler Materialien vorgestellt. Schwerpunkte liegen auf den Mechanismen verschiedener Syntheserouten, sowie auf modernen Analysestrategien. Folgende Punkte werden behandelt: • Anorganische Nanotechnologie sowie Kolloide, Pigmente, Nano- Stäbe und Nano-Drähte. • Anorganische Komposite und Füllstoffe inklusive biogener Materialien wie Perlmutt und Knochengewebe. • Polymorphismus und „Crystal Engineering“ molekularer Systeme sowie ihr Einfluss auf die Wirkstoffherstellung. • Supramolekulare anorganische Chemie und Wirt-Gast-Verbindungen. • Semikristalline und amorphe Materialien wie Gläser, Glaskeramiken, Phasentransfermaterialien und photonische Kristalle. Im Praktikum vertiefen die Studenten ihre praktischen Fähigkeiten, indem sie unter Anleitung eines erfahrenden Doktoranden an einem aktuellen Forschungsprojekt in den entsprechenden Arbeitsgruppen arbeiten.
Voraussetzungen	keine
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Deutsch / Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung (3/5) und Beitrag (Praktikumsbericht, 2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Praktikum: 45 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	Technologien nach der Li-Ionen-Batterie
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Anorganische Aktivmaterialien für elektrochemische Energiespeicher
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Seminar (1 SWS)
Lernziel	Ziel ist es, den Studenten eine Reihe von Technologien vorzustellen, die sich im Forschungsstadium befinden und als "Post-Li-Ion" entwickelt werden, d. h. als Verbesserungen gegenüber den derzeitigen Li-Ionen-Batterien, die den Stand der Technik darstellen. Beispiele sind Na-Ionen-, Festkörperbatterien, Zn-basierte und Li-S-Batterien, sowie Nanostrukturierungslösungen zur Verbesserung der Materialeigenschaften.
Inhalt	Der Kurs wird insbesondere folgende Themen behandeln: Na-Ionen- und K-Ionen-Batterien; Festkörperbatterien (einschließlich einer ausführlichen Diskussion über die Ionenleitfähigkeit); mehrwertige Chemikalien (Mg, Ca, Al); Batterien auf Zn-Basis (einschließlich wässriger Batterien), Li-S- und Li-Air-Batterien. Der Kurs wird auch Nanostrukturierungslösungen für fortschrittliche Elektroden in Li-Ionen- und Post-Li-Ionen-Batterien behandeln.
Voraussetzungen	Empfohlen: individuelle Angleichungsmodule und Batteriematerialien 1 oder 2
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2. oder 3. Fachsemester
Unterrichtssprache	Englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur oder mündliche Prüfung (3/4) und Präsentation (1/4)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden; Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Seminar: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 45 Stunden

Vertiefungsbereich

Es sind Module im Umfang von mindestens 10 LP zu belegen. Anstelle von 2 Vertiefungsmodulen kann ein zweites Forschungsmodul absolviert werden. Module, die im Wahlpflichtbereich nicht absolviert wurden, können ebenfalls gewählt werden.
Zudem kann nach vorheriger Genehmigung des Prüfungsausschusses und der oder des Modulverantwortlichen ein Modul aus dem gesamten Modulangebot der Masterstudiengänge der Fakultät für Ingenieurwissenschaften gewählt werden; die Angaben zu den LP und der Prüfung sind der Prüfungs- und Studienordnung des Studiengangs zu entnehmen, in dem das jeweilige Modul definiert ist.

Modultitel	Additive Fertigung und Innovationen
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziel	Beherrschung der Grundlagen und Fertigungsverfahren der additiven Fertigung, Verständnis und Befähigung zur wirtschaftlichen Implementierung und Anwendung sowie Produkt- und Geschäftsmodellentwicklung.
Inhalt	Einführung in die Grundlagen und Potentiale in der additiven Fertigung, in die Problemstellungen der Prozesskette, der Arbeitssicherheit sowie des Qualitätsmanagements in der additiven Produktion. Charakterisierung sowie material- und fertigungstechnische Detaillierung additiver Fertigungsverfahren für Metall- und Kunststoffbauteile. Vorstellung ausgewählter Anwendungsbeispiele, Bauteile und Geschäftsmodelle und Innovationstrends in Vorlesung und Übung.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit, ingenieurwissenschaftliche und fertigungstechnische Grundkenntnisse
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich (Wintersemester) / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Termin	VL: Di., 12:30-14 Uhr; Ü: noch nicht festgelegt
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden, Übung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	**Critical Raw Materials**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Ökologische Ressourcentechnologie
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Seminar (2 SWS)
Lernziele	Kenntnisse zur Bewertungsmethodik für kritische Rohstoffe aus technologischer, unternehmerischer und volkswirtschaftlicher Sicht. Einordnung von Bewertungsindikatoren für die Versorgungsrisiken und ökonomische Bedeutung von Materialien und Technologien. Datensammlung und -aufbereitung für die Durchführung eigener Kritikalitätsbewertungen. Handlungsempfehlungen für den Umgang mit kritischen Rohstoffen aus den Bereiche Technologie, Circular Economy und Politik.
Lehrinhalte	**Vorlesung Critical Raw Materials** (CRM1) Aktuelle Erkenntnisse aus dem Forschungsfeld der Rohstoffkritikalität. Fallbeispiel-basierte Bewertungen geologischer, technischer, ökonomischer, kreislaufwirtschaftlicher und sozialer Kritikalitätsaspekte. Die Fallbeispiele berücksichtigen die Bewertung der Versorgungssicherheit und Resilienz etablierter und neuer Technologien, einschließlich Batterien. Angewandte Methoden umfassen die Rohstoffkritikalitätsbewertungen, den Indikatoren zugrundeliegende Methoden, sowie Verfahren des Risikomanagements und der Entscheidungstheorie. **Seminar Critical Raw Materials** (CRM2) Fokus auf die Modellierung und Bewertung ausgewählter Fragestellungen aus dem Bereich Rohstoffkritikalitätsbewertung, passend zu den Inhalten der Vorlesung, innerhalb von Kleingruppen von 1 bis 3 Studierenden je nach Fragestellung.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit erworben in einem natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	2.-4. Fachsemester
Unterrichtssprache	deutsch/englisch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP (2 LP Vorlesung, 3 LP Seminar)
Modulprüfung	mündliche Prüfung (20 min, 2/5), Präsentation (15 Min., 1/5), Beitrag (schriftliche Seminararbeit, 2/5)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Übung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Seminararbeitserstellung: 60 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 15 Stunden

Modultitel	Digital Decarbonization & Green Information Systems
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Digitales Energiemanagement
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Gruppenarbeit, Präsentation, Diskussion
Lernziel	Am Ende des Kurses verfügen die Studierenden über umfangreiche Kenntnisse zu den wichtigsten Chancen und Risiken der Nutzung von Informationssystemen für die erfolgreiche Energiewende und Dekarbonisierung der Industrie und Gesellschaft. Zudem erlangen sie ein grundlegendes Verständnis über den Beitrag, den die Forschung aus dem Bereich der Wirtschaftsinformatik für zielgerichtete Dekarbonisierungsmaßnahmen leisten kann. Basierend auf diesen Inhalten werden Studierende in die Lage versetzt, technische und wirtschaftliche Zusammenhänge im Kontext des nachhaltigen Energiemanagements und weiteren Dekarbonisierungsinstrumenten zu beurteilen. Die Themenblöcke sind so strukturiert, dass zuerst die notwendigen theoretischen Grundlagen erläutert werden. Im Anschluss wird das Wissen in praktischen Fallstudien oder in der Diskussion von veröffentlichten, wissenschaftlichen Artikeln angewendet und vertieft. Durch eine Gruppenarbeit und -präsentation wird das thematische Verständnis zudem gefestigt. Dieser Lernansatz enthält somit die Vermittlung der theoretischen Grundlagen und interaktive Elemente, wie die Diskussion anhand wissenschaftlicher Artikel sowie die Konzeption von Problemlösungen anhand von Fragestellungen aus der Realwelt. Dies ermöglicht Studierenden über die Gewinnung von theoretischem Wissen hinaus auch praktisch relevante Qualifikationen zu erlangen.
Inhalt	Der Klimawandel verlangt nach effizienten Dekarbonisierungsmaßnahmen und einer erfolgreichen Energiewende, um die Erderwärmung bestmöglich einzuschränken. Beispielsweise sollen durch verpflichtende Emissionshandelssysteme das Recht auf Emittieren von CO_2 mit einem Preis versehen werden und somit zu einer ökonomisch getriebenen Emissionsreduktion beitragen. Auch Herkunftsnachweise und Produktpässe (z.B. von Batterien) erhöhen die Transparenz zu den Umweltwirkungen, die mit Produkten und Prozessen verbunden sind. Durch zunehmend kleinere, dezentrale und volatile Stromerzeugung sowie durch moderne Batterie-Speichertechnologien (auch in Form von Elektrofahrzeugen) werden Konsument*innen zunehmend selbst zu Produzenten und haben Einfluss auf die CO_2-Intensität im Stromnetz. Die Steuerung und Koordination von Dekarbonisierungsmaßnahmen und deren Stakeholder bedingt einen zunehmenden Bedarf an Kommunikation und Informationsaustausch. Insbesondere die hohen Anforderungen an Transparenz und Datenschutz erfordern neuartige digitale Lösungen zur digitalen Verifizierung. Im Fokus der Vorlesung lernen Studierende die Herausforderungen und Anforderungen an effiziente Dekarbonisierungsmaßnahmen und eine erfolgreiche Energiewende näher kennen. Zudem werden aktuelle Lösungen und Konzepte aus der Wirtschaftsinformatik (insb. Green Information Systems) vorgestellt, die zur Lösung der diskutierten Probleme beitragen können. Beispielsweise werden unterschiedliche technische Enabler der digitalen Verifizierung von CO_2-Zertifikatiken behandelt sowie das wirtschaftliche Potenzial von Elektromobilität als Trendtechnologie diskutiert. Die Vorlesung ist in zwei Themenblöcke unterteilt: • **Digital Decarbonization**: In diesem Vorlesungsblock lernen Studierende politische Dekarbonisierungsinstrumente wie Emissionshandelssysteme, Voluntary Cabron Markets, Herkunftsnachweise und Produktpässe kennen. Bezugnehmend auf die Herausforderungen bei den vorgestellten

	Instrumenten werden ausgewählte Konzepte aus der Wirtschaftsinformatik vorgestellt (z.B. Blockchain, Selbst-Souveräne Identitäten, Zero-Knowledge-Proofs). In den ersten Vorlesungseinheiten wird ein grundlegendes Verständnis für die spezifischen Anforderungen von Dekarbonisierungsinstrumenten sowie der zielgerichteten Anwendung von Informationssystemen aufgebaut. • **Energy Transition**: Aufbauend auf den Grundlagen des ersten Blocks, vertieft der zweite Vorlesungsblock die Chancen, Ansätze und Herausforderungen von Informations- und Kommunikationstechnologien im Kontext der Energiewende. Zum Beispiel wird in diesem Zusammenhang das Potenzial von intelligentem Lademanagement von Elektroautos für die Entlastung der Energienetze betrachtet. Zudem gibt die Vorlesung übergreifend Einblick in wissenschaftliches Arbeiten im Forschungsfeld Wirtschaftsinformatik.
Voraussetzungen	Keine
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch möglich)
ECTS-Leistungspunkte	5 ECTS
Modulprüfung	Klausur (1/2), Gruppenpräsentation (1/4) und Beitrag (Essay, 1/4).
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Präsenzzeit Vorlesung: 30 Stunden Vorbereitung Gruppenpräsentation/ -essay: 25 Stunden Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Literaturstudium und Prüfungsvorbereitung: 95 Stunden

Modultitel	Elektrische Energiespeicher
Verantwortlichkeit	Juniorprofessur für Methoden des Batteriemanagements
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Praktikum (1 SWS)
Lernziel	Sie verstehen die Funktionsprinzipien verschiedener Speichertechnologien. Sie kennen die wichtigsten derzeit eingesetzten und zukünftig denkbaren elektrischen Energiespeicher. Sie können verschiedene Energiespeicher miteinander vergleichen und wirtschaftlich und energetisch bewerten. Sie kennen jeweils die wesentlichen Vor- und Nachteile. Sie können für verschiedene Speichertypen eine Auslegung vornehmen und fundierte Entscheidungen treffen.
Inhalt	Übersicht über den Bedarf an elektrischen Energiespeichern und Herausforderungen bei der Integration in die Energieversorgung. Grundlagen zur energetischen und wirtschaftlichen Bewertung von Energiespeichern. Grundlagen zur Wirkungsweise und Überblick über die Anwendungsfelder elektrischer, elektrochemischer, chemischer und mechanischer Energiespeichertechnologien sowie eines Lastmanagement im Haushalt und in der Industrie. Grundlagen und Methoden zum Vergleich und der Bewertung verschiedener Energiespeichertechnologien. Anwendung und Vertiefung der erworbenen Fachkenntnisse im Praktikum.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit; ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse im Umfang eines universitären Bachelorstudiengangs, speziell in Grundlagen der Energietechnik und Elektrotechnik.
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Wintersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur und Beitrag (unbenotetes Praktikumstestat)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Übung: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Praktikum: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	Fabrikplanung und -simulation
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (1 SWS)
Lernziel	Überblick über Methoden und Werkzeuge sowohl der konventionellen als auch der IT-gestützten Fabrikplanung; Verständnis der Grundelemente von Fabrikplanung und -simulation; Kenntnis wichtiger IT-Werkzeuge sowie deren Einsatzbereiche; Befähigung zur Methodenanwendung im Rahmen industrieller Fabrikplanungsaufgaben.
Inhalt	Rahmenbedingungen und -entwicklungen, Planungsinhalte und -phasen, Planungsprozesse und -methoden zur Aufgabenklärung, Produktionsprogrammanalyse, Standortwahl, Ideal- und Realplanung sowie Feinplanung; Bearbeitung von Fallbeispielen konventionell und simulationsbasiert.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	4 LP
Modulprüfung	Klausur
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 15 Stunden Übung: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	**Maschinelles Lernen in der Produktion**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)
Lernziel	Kompetenz zur Analyse und zur Beurteilung produktionsspezifischer Problemstellungen sowie zur Anwendung des maschinellen Lernens in der Produktion.
Inhalt	Die Digitalisierung im Produktionsumfeld und die umfassende Verfügbarkeit von Produktionsdaten verlangt leistungsfähige Methoden und Werkzeuge zur effektiven Datenverarbeitung. Maschinelle Lernverfahren sind in vielen Anwendungen ein vielversprechendes Werkzeug zur Verarbeitung entsprechender Datenmengen. Im Lehrmodul werden fundierte Grundkenntnisse maschineller Lernverfahren im Kontext der Produktion vermittelt. Die Inhalte umfassen sowohl die Darstellung von Verfahren und Herangehensweisen als auch deren Anwendung.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit, Grundlagen der Mathematik, Informatik und Statistik, produktionstechnische Grundkenntnisse
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Klausur (1/2) und Beitrag (schriftliche Ausarbeitung, 1/2)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden, Übung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	**Methoden der Fabrikoptimierung**
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (2 SWS) und Übung
Lernziel	Fundierte und anwendungsnahe Six-Sigma-Kenntnisse (Green Belt); Kenntnisse über Ineffizienz in der Produktion und Maßnahmen zum Erreichen einer fließenden Produktion durch Lean Production; Erwerb systematischer Kompetenz zur Anwendung der Wertstrommethode in Theorie und Praxis.
Inhalt	Lehrveranstaltung »Six Sigma (FO1)«: Einführung in die Six-Sigma-Methodik; Vermittlung von Methoden (SIPOC, Ishikawa, FMEA); Durchführung von Messmittelfähigkeiten, statistische Versuchsplanung, Vertiefung durch Praxisbeispiele und mittels Softwareanwendung. Lehrveranstaltung »Produktionsoptimierung (FO2)«: Methoden zur umfassenden Analyse und Optimierung von Produktionsstrukturen; Vertiefendes Wissen zu Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten bei der Planung und Optimierung der Produktion, Prinzipien und Methoden der Lean Production, Erlernen und Anwendung der Methode Wertstromanalyse und -design, praktische Anwendung und Vertiefung in einer Lernfabrik.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	6 LP
Modulprüfung	Klausur (diese kann in zwei Teilen FO1 und FO2 abgelegt werden)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	• FO1: Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden, Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden • FO2: Auftaktveranstaltung und 2-tägiges Blockseminar = 30 Stunden; Vorbereitung auf das Blockseminar, Einarbeitung in die Thematik Lean Production, Seminarvortrag (unbenotet) = 60 Stunden

Modultitel	Qualitätssicherung
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (2x 2 SWS)
Lernziel	Vertiefende Kenntnisse über praxisrelevante und branchenübergreifend eingesetzte Qualitätstechniken sowie die betriebliche Verankerung deren Anwendung in Qualitäts- und Umweltmanagementsystemen. Erwerb systematischer Kompetenz zur Anwendung von Methoden der Qualitätssicherung in Theorie und Praxis.
Inhalt	Die Lehrveranstaltung »Qualitätstechniken (QS1)« behandelt grundlegende Werkzeuge des Qualitätsmanagements (Statistik, Pareto-Analyse, FMEA, QFD, Versuchsmethodik, SPC, etc.). Aufbauend erschließt die Lehrveranstaltung »Umwelt- und Qualitätsmanagement (QS2)« alle erforderlichen Abläufe und Prozesse, Zuständigkeiten sowie erforderliche Mittel, die zur Sicherstellung der Qualität und des Umweltschutzes im operativen Geschäftsprozess benötigt werden (Lean Management, TQM & EFQM, Prozessmanagement, DIN EN ISO 9000 ff.; ISO/TS 16949, Kennzahlen/Benchmarking, Dienst-leistungs-QM, Beschwerde- & Lieferantenmanagement, Audits, UMS, Blauer Engel; Ökoprofit, MSC, FSC, Arbeitsschutzmanagement und Integrierte Managementsysteme).
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	6 LP
Modulprüfung	Klausur (diese kann in zwei Teilen QS1 und QS2 abgelegt werden)
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	• QS1: Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen (Bearbeitung von Einzel- und Gruppenübungen) 30 Stunden, Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden • QS2: Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden, Prüfungsvorbereitungen: 30 Stunden

Modultitel	Simulation und Datenanalyse
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl für Funktionsmaterialien
Veranstaltungsform	Vorlesung (2x 1 SWS) und Übung 3x 1 SWS)
Lernziel	Lösung ingenieurtechnischer Fragestellungen mit modernen computergestützten Analyse- und Modellierungsmethoden; Kennenlernen und praktische Anwendung entsprechender Softwarewerkzeuge
Inhalt	Numerische Modellierung gekoppelter physikalischer Prozesse; Einführung in die numerische Behandlung ingenieurtechnischer Anwendungen; Rechnergestützte Analyse und Auswertung wissenschaftlich-technischer Daten. **Zusammensetzung und Leistungspunkte:** • SD1: Numerische Modellierung gekoppelter physikalischer Prozesse (1V+1Ü, 2 LP) • SD2: Einführung in die numerische Behandlung ingenieurtechnischer Anwendungen (1V+1Ü, 2 LP) • SD3: Rechnergestützte Analyse und Auswertung wissenschaftlich-technischer Daten (1Ü, 1 LP)
Voraussetzungen	Allgemeine ingenieur- und materialwissenschaftliche Kenntnisse.
Angebotsturnus / Dauer	Jedes Semester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	1. bis 4. Semester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Mündliche Prüfung.
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	• SD1: Vorlesung 15 Std., Übung 15 Std., Vor- und Nachbereitung 15 Std., Prüfungsvorbereitung 15 Std. • SD2: Vorlesung 15 Std., Übung 15 Std., Vor- und Nachbereitung 15 Std., Prüfungsvorbereitung 15 Std. • SD3: Übung 15 Std., Vor- und Nachbereitung, Prüfungsvorbereitung 15 Std.

Modultitel	Vernetzte Wertschöpfung
Verantwortlichkeit	Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
Veranstaltungsform	Vorlesung (1 SWS + 2 SWS)
Lernziel	Fähigkeit zum Treffen von Entscheidungen hinsichtlich der Produktion in vernetzten Unternehmen auf Basis der wichtigsten produktionstechnischen, logistischen, rechtlichen, qualitativen, quantitativen, terminlichen und weiteren relevanten Einflussgrößen.
Inhalt	Die Lehrveranstaltung »Produzieren in Netzwerken (VW1)« gibt einen Überblick über die Geschichte und die Entwicklung von Produktionsnetzwerken. Aufbauend werden die wichtigsten Einflussgrößen zum Aufbau von Produktionsnetzwerken auf Basis aktueller Beispiele in der Produktion (BMW, Apple, Airbus, etc.) vermittelt. Abschließend werden technische und wirtschaftliche Vor- und Nachteile sowie Risiken von Produktionsnetzwerken dargestellt. Die Lehrveranstaltung »Recycling und Entsorgung (VW2)« vermittelt Grundlagen, Begriffe und die gesetzgeberischen Kompetenzen in Wertschöpfungsnetzwerken des Recyclings und der Entsorgung. Dabei finden die Akteure der Kreislaufwirtschaft sowie die korrespondierende Entsorgungslogistik Beachtung. Aktuelle Praxisbeispiele beleuchten Verfahren des Verpackungs- und Siedlungsabfallrecyclings sowie Kreislaufsysteme für Altfahrzeuge und Elektronikschrott. Eine Betrachtung des Design for Recycling runden die Vorlesungsinhalte ab.
Voraussetzungen	Fortgeschrittene Studierfähigkeit
Angebotsturnus / Dauer	Jährlich im Sommersemester / 1 Semester
Empfohlenes Semester	3. Semester
Unterrichtssprache	Deutsch
ECTS-Leistungspunkte	5 LP
Modulprüfung	Schriftliche Prüfung
Studentischer Arbeitsaufwand in Stunden	• VW1: Vorlesung: 15 Stunden, Vor- und Nachbereitungen: 30 Stunden, Prüfungsvorbereitungen: 25 Stunden • VW2: Vorlesung: 30 Stunden, Vor- und Nachbereitung (Bearbeitung von Einzel- und Gruppenübungen): 30 Stunden, Prüfungsvorbereitungen: 50 Stunden