

Modulhandbuch

für den Studiengang

Master of Science Chemical
Engineering - Nachhaltige
Chemische Technologien

(Prüfungsordnungsversion: 20232)

für das Sommersemester 2025

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Nachhaltigkeitsbewertung (42890)..... | 9 |
| Life Cycle Assessment (42895)..... | 11 |
| Projektierungskurs (94060)..... | 13 |
| Industriepraktikum (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232) (1995)..... | 14 |
| Masterarbeit (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232) (1999)..... | 16 |
| Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik | |
| Mechanische Verfahrenstechnik (Vertiefung) (94440)..... | 19 |
| Wahlpflichtmodule mit Praktikum..... | |
| Rheologie / Rheometrie mit Praktikum (45230)..... | 21 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization with laboratory course (45046)..... | 24 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum (45341)..... | 26 |
| Trocknungstechnik mit Praktikum (45336)..... | 28 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 30 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Industrielles Produkt-Design (45280)..... | 167 |
| Produktanalyse (45370)..... | 169 |
| Rheologie / Rheometrie (45231)..... | 171 |
| Polymer Science and Processing (45375)..... | 174 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (45045)..... | 176 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen (45340)..... | 178 |
| Nanotechnology of Disperse Systems (45350)..... | 180 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 183 |
| Trocknungstechnik (45335)..... | 185 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 187 |
| Rheologie / Rheometrie mit Praktikum (45230)..... | 21 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization with laboratory course (45046)..... | 24 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum (45341)..... | 26 |
| Trocknungstechnik mit Praktikum (45336)..... | 28 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 30 |
| Vertiefungsmodulgruppe Reaktionstechnik | |
| Reaktionstechnik (Vertiefung) (94390)..... | 33 |
| Wahlpflichtmodule mit Praktikum..... | |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization with laboratory course (45046)..... | 35 |
| Trocknungstechnik mit Praktikum (45336)..... | 37 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 39 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Adsorption: Fundamentals and Applications (45035)..... | 189 |
| Fuel cells and electrolyzers (42918)..... | 191 |
| Polymer Science and Processing (45375)..... | 193 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (45045)..... | 195 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 197 |
| Trocknungstechnik (45335)..... | 199 |
| Process simulation (42915)..... | 201 |

| | |
|--|-----|
| Process control and plant safety (42914)..... | 203 |
| Process Technologies (94356)..... | 205 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization with laboratory course (45046)..... | 35 |
| Trocknungstechnik mit Praktikum (45336)..... | 37 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 39 |
| Rheologie / Rheometrie mit Praktikum (45230)..... | 41 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum (45341)..... | 44 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 46 |
| Clean combustion technology with laboratory course (42903)..... | 48 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering with laboratory course (42950)..... | 50 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum (44970)..... | 52 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 57 |
| Hochdrucktrenntechnik mit Praktikum (45070)..... | 59 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering with laboratory course (42950)..... | 61 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum (44970)..... | 63 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 68 |
| Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (44660)..... | 70 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 72 |
| Adsorption: Fundamentals and Applications (45035)..... | 74 |
| Fuel cells and electrolysers (42918)..... | 76 |
| Polymer Science and Processing (45375)..... | 78 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (45045)..... | 80 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 82 |
| Trocknungstechnik (45335)..... | 84 |
| Process simulation (42915)..... | 86 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 88 |
| Process Technologies (94356)..... | 90 |
| Angewandte Thermofluiddynamik (43110)..... | 92 |
| Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (45291)..... | 94 |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 97 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen (45340)..... | 99 |
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 101 |
| Rheologie / Rheometrie (45231)..... | 103 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 106 |
| Turbulence I (45211)..... | 108 |
| Clean combustion technology (42917)..... | 110 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering (42935)..... | 112 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (44960)..... | 115 |
| Transportprozesse (43700)..... | 119 |
| Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) (45291)..... | 121 |
| Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (45310)..... | 124 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 126 |
| Adsorption: Fundamentals and Applications (45035)..... | 128 |
| Chemische Energiespeicherung (47810)..... | 130 |
| Hochdrucktrenntechnik (45071)..... | 132 |
| Membranverfahren (45081)..... | 134 |

| | |
|---|-----|
| Optical diagnostics in energy and process engineering (42935)..... | 136 |
| Technische Chromatographie (92890)..... | 139 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (44960)..... | 141 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 145 |
| Process Technologies (94356)..... | 147 |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 149 |
| Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) (44650)..... | 151 |
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 153 |
| Scannen und Drucken in 3D (46100)..... | 155 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 157 |
| Transportprozesse (43700)..... | 159 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 161 |
| Turbulence I (45211)..... | 163 |
| Process simulation (42915)..... | 165 |
| Industrielles Produkt-Design (45280)..... | 167 |
| Produktanalyse (45370)..... | 169 |
| Rheologie / Rheometrie (45231)..... | 171 |
| Polymer Science and Processing (45375)..... | 174 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (45045)..... | 176 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen (45340)..... | 178 |
| Nanotechnology of Disperse Systems (45350)..... | 180 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 183 |
| Trocknungstechnik (45335)..... | 185 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 187 |
| Adsorption: Fundamentals and Applications (45035)..... | 189 |
| Fuel cells and electrolyzers (42918)..... | 191 |
| Polymer Science and Processing (45375)..... | 193 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (45045)..... | 195 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 197 |
| Trocknungstechnik (45335)..... | 199 |
| Process simulation (42915)..... | 201 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 203 |
| Process Technologies (94356)..... | 205 |
| Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik | |
| Strömungsmechanik (Vertiefung) (94400)..... | 208 |
| Wahlpflichtmodule mit Praktikum..... | |
| Rheologie / Rheometrie mit Praktikum (45230)..... | 41 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum (45341)..... | 44 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 46 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Angewandte Thermofluidodynamik (43110)..... | 210 |
| Angewandte Thermofluidodynamik (Fahrzeugantriebe) (45291)..... | 212 |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 215 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen (45340)..... | 217 |
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 219 |
| Rheologie / Rheometrie (45231)..... | 221 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 224 |
| Turbulence I (45211)..... | 226 |
| Angewandte Thermofluidodynamik (43110)..... | 210 |

| | |
|---|-----|
| Angewandte Thermofluidodynamik (Fahrzeugantriebe) (45291)..... | 212 |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 215 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen (45340)..... | 217 |
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 219 |
| Rheologie / Rheometrie (45231)..... | 221 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 224 |
| Turbulence I (45211)..... | 226 |
| Clean combustion technology (42917)..... | 228 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering (42935)..... | 230 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (44960)..... | 233 |
| Transportprozesse (43700)..... | 237 |
| Angewandte Thermofluidodynamik (Fahrzeugantriebe) (45291)..... | 239 |
| Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (45310)..... | 242 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 244 |
| Adsorption: Fundamentals and Applications (45035)..... | 246 |
| Chemische Energiespeicherung (47810)..... | 248 |
| Hochdrucktrenntechnik (45071)..... | 250 |
| Membranverfahren (45081)..... | 252 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering (42935)..... | 254 |
| Technische Chromatographie (92890)..... | 257 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (44960)..... | 259 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 263 |
| Process Technologies (94356)..... | 265 |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 267 |
| Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) (44650)..... | 269 |
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 271 |
| Scannen und Drucken in 3D (46100)..... | 273 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 275 |
| Transportprozesse (43700)..... | 277 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 279 |
| Turbulence I (45211)..... | 281 |
| Process simulation (42915)..... | 283 |
| Industrielles Produkt-Design (45280)..... | 285 |
| Produktanalyse (45370)..... | 287 |
| Rheologie / Rheometrie (45231)..... | 289 |
| Polymer Science and Processing (45375)..... | 292 |
| Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization (45045)..... | 294 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen (45340)..... | 296 |
| Nanotechnology of Disperse Systems (45350)..... | 298 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 301 |
| Trocknungstechnik (45335)..... | 303 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 305 |
| Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik | |
| Strömungsmechanik (Vertiefung) (94405)..... | 308 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Angewandte Thermofluidodynamik (43110)..... | 92 |
| Angewandte Thermofluidodynamik (Fahrzeugantriebe) (45291)..... | 94 |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 97 |
| Fluid-Feststoff-Strömungen (45340)..... | 99 |

| | |
|--|-----|
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 101 |
| Rheologie / Rheometrie (45231)..... | 103 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 106 |
| Turbulence I (45211)..... | 108 |
| Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit | |
| Chemische Energiespeicherung (47810)..... | 310 |
| Digitalisierung in der Energietechnik (96509)..... | 312 |
| Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen (47770)..... | 314 |
| Energiewirtschaft und Umweltrecht (47790)..... | 316 |
| Fuel cells and electrolysers (42918)..... | 318 |
| Membranverfahren (45081)..... | 320 |
| Regenerative Energien - Erzeugung, Integration, Speicherung (47761)..... | 322 |
| Umweltverfahrenstechnik (94310)..... | 324 |
| Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (45310)..... | 326 |
| Process simulation (42915)..... | 328 |
| Process Technologies (94356)..... | 330 |
| Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik | |
| Technische Thermodynamik (Vertiefung) (94300)..... | 333 |
| Wahlpflichtmodule mit Praktikum..... | |
| Clean combustion technology with laboratory course (42903)..... | 48 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering with laboratory course (42950)..... | 50 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum (44970)..... | 52 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 57 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Clean combustion technology (42917)..... | 228 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering (42935)..... | 230 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (44960)..... | 233 |
| Transportprozesse (43700)..... | 237 |
| Angewandte Thermofluidodynamik (Fahrzeugantriebe) (45291)..... | 239 |
| Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik (45310)..... | 242 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 244 |
| Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik | |
| Thermische Verfahrenstechnik (Vertiefung) (94410)..... | 337 |
| Wahlpflichtmodule mit Praktikum..... | |
| Hochdrucktrenntechnik mit Praktikum (45070)..... | 59 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering with laboratory course (42950)..... | 61 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum (44970)..... | 63 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 68 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Adsorption: Fundamentals and Applications (45035)..... | 246 |
| Chemische Energiespeicherung (47810)..... | 248 |
| Hochdrucktrenntechnik (45071)..... | 250 |
| Membranverfahren (45081)..... | 252 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering (42935)..... | 254 |
| Technische Chromatographie (92890)..... | 257 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (44960)..... | 259 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 263 |

| | |
|--|-----|
| Process Technologies (94356)..... | 265 |
| Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik | |
| Thermische Verfahrenstechnik (Vertiefung) (94415)..... | 340 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Adsorption: Fundamentals and Applications (45035)..... | 128 |
| Chemische Energiespeicherung (47810)..... | 130 |
| Hochdrucktrenntechnik (45071)..... | 132 |
| Membranverfahren (45081)..... | 134 |
| Optical diagnostics in energy and process engineering (42935)..... | 136 |
| Technische Chromatographie (92890)..... | 139 |
| Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (44960)..... | 141 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 145 |
| Process Technologies (94356)..... | 147 |
| Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme | |
| Simulation granularer und molekularer Systeme (94280)..... | 342 |
| Wahlpflichtmodule mit Praktikum..... | |
| Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (44660)..... | 70 |
| Process control and plant safety with laboratory course (42901)..... | 72 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 267 |
| Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) (44650)..... | 269 |
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 271 |
| Scannen und Drucken in 3D (46100)..... | 273 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 275 |
| Transportprozesse (43700)..... | 277 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 279 |
| Turbulence I (45211)..... | 281 |
| Process simulation (42915)..... | 283 |
| Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme | |
| Simulation granularer und molekularer Systeme (94281)..... | 345 |
| Wahlpflichtmodule..... | |
| Digitale Bildverarbeitung (45400)..... | 149 |
| Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) (44650)..... | 151 |
| Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790)..... | 153 |
| Scannen und Drucken in 3D (46100)..... | 155 |
| Self-organisation processes (42936)..... | 157 |
| Transportprozesse (43700)..... | 159 |
| Process control and plant safety (42914)..... | 161 |
| Turbulence I (45211)..... | 163 |
| Process simulation (42915)..... | 165 |
| Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo | |
| BWL für Ingenieure (82570)..... | 348 |
| Current issues in sustainability management (86973)..... | 350 |
| Einführung in das Genossenschaftswesen (86600)..... | 352 |
| Kompetenzseminar zum Klimawandel: Grundlagen- und Kompetenzen erwerben zu Nachhaltigkeitsherausforderungen (85796)..... | 353 |
| Spezielle Soziologie (86710)..... | 355 |
| International vergleichende Sozialstrukturanalyse (86671)..... | 357 |
| Economy, organization and social inequality (86721)..... | 359 |

| | |
|---|-----|
| Looking beyond sustainability: regeneration, alternative views on growth and circularity (85767)..... | 360 |
| Energiewirtschaft und Nachhaltigkeit (85786)..... | 362 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42890 | Nachhaltigkeitsbewertung Sustainability evaluation | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Nachhaltige Chemische Technologien (Vertiefung CEN) (3 SWS) | - |
| 3 | Lehrende | Katrin Städtke Dr.-Ing. Marcus Fischer Prof. Dr. Martin Hartmann | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeitsbegriff • Nachhaltigkeitsbewertung und Ökobilanz • Diskussion "nachhaltiger" Produkte • Grüne Chemie • Prozessintensivierung • Energie • Abfall und Recycling • EcoManagement und Umweltgesetzgebung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über die Sachkompetenz zur Beurteilung von chemischen Prozessen im Hinblick auf die verschiedenen Aspekte der Nachhaltigkeit • kennen die Grundlagen und Erfordernisse einer Nachhaltigkeitsbilanz und sind in der Lage, eine Ökobilanz selbstständig durchzuführen • verstehen die Bedeutung der Rohstoffquellen sowie der Energie- und Abfallströme großtechnischer Prozesse für die Beurteilung der Nachhaltigkeit • diskutieren und beurteilen alternative Prozesskonzepte zur nachhaltigen Produktion von Grund- und Feinchemikalien • kennen die Grundlagen des nachhaltigen Produktdesigns sowie nachhaltigerer Geschäftsmodelle | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Klausur Klausur 120 Min | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Klausur (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|----------------------|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Vorlesungsunterlagen |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42895 | Life Cycle Assessment Life cycle assessment | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Praktikum: Praktikum Nachhaltige Chemische Technologien (Vertiefung CEN) (5 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Marcus Fischer Prof. Dr. Martin Hartmann | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann | |
| 5 | Inhalt | Anhand von ausgewählten Prozessbeispielen werden verschiedene Konzepte zur Beurteilung der Nachhaltigkeit angewendet. Die Studierenden erarbeiten in Kleingruppen verschiedene Synthesewege zur nachhaltigen Produktion einer organischen Verbindung im Vergleich zum etablierten Verfahren. Der Vergleich erfolgt im Hinblick auf Material- und Energieflüsse sowie der auftretenden Abfallströme. Abschließend werden eine Kostenanalyse sowie ein Life Cycle Inventory durchgeführt. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können verschiedene Syntheserouten auf Basis der (Patent-)literatur für die Herstellung eines Zielproduktes selbständig erarbeiten • wenden Material- und Energiebilanzen, sowie Grundlagen der Kostenanalyse und des LCI/LCA auf ausgewählte Beispiele an • sind befähigt zur selbstständigen Vorstellung und Diskussion der bearbeiteten Projekte und ihrer Ergebnisse | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Seminarleistung Semesterbegleitende Präsentationen (3 x ca. 10 min) und schriftliche Ausarbeitung (ca. 15 Seiten) abhängig vom konkret vergebenen Thema. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Seminarleistung (100%) Präsentationen 40 %, schriftliche Ausarbeitung 60 % | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Die Unterlagen werden im Rahmen des Seminars unter den Studierenden verteilt. Aktuelle Publikationen aus dem Bereich der Nachhaltigkeit. |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94060 | Projektierungskurs Project development course | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Sonstige Lehrveranstaltung: Projektierungskurs SoSe (Herbst) (5 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | apl. Prof. Dr. Marco Haumann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Projektierung einer Produktionsanlage • Aufteilung der Aufgabenstellung auf einzelne Gruppen • Eigenständige Bearbeitung eines Teilprojekts in einer Gruppe • Koordination innerhalb der Gruppe und mit anderen Gruppen • Vorstellung der Ergebnisse. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • können Aufgaben und Probleme bei der Projektierung einer Produktionsanlage analysieren • können verschiedene Lösungswege im Team entwickeln, miteinander vergleichen und evaluieren • können eigenständig Lösungen für die Anlage erschaffen und ausarbeiten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3;2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Studienleistung Seminarleistung, Entwurf einer Produktionsanlage in Kleingruppen (ca. 20 Seiten), Diskussion der Ergebnisse | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Studienleistung (bestanden/nicht bestanden) SL: 100% | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | | |

| | | | |
|---|---------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 1995 | Industriepraktikum (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232) Industrial internship | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! | |
| 3 | Lehrende | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Alexander Ditter | |
| 5 | Inhalt | Bei der Durchführung der berufspraktischen Tätigkeit soll ein Überblick über die verschiedenen Tätigkeiten in einer Firma durch Mitarbeit in Arbeits- bzw. Projektgruppen verschafft werden. Darüber hinaus sollen spezielle Fertigkeiten von Ingenieuren, ausgehend vom bereits im Studium erworbenen Wissen, erworben werden. Als Basis hierzu sollen die im Bachelorstudium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen umgesetzt werden. Wünschenswerte Tätigkeitsbereiche sind z.B. Chemische Produktion, Umweltschutz, Mess- und Regelungstechnik, Anlagenplanung, Konstruktion. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen typische Aufgabenstellungen in der chemischen, verfahrenstechnischen oder verwandten Industrie • kennen und nachvollziehen die Organisation und die soziale Struktur eines Industriebetriebes • erkennen die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Bereichen eines Unternehmens • setzen das bisher im Studium vermittelte Fachwissen in der industriellen Praxis um • reflektieren die Auswirkung ihres Handelns auf das Ergebnis der ihnen anvertrauten Aufgaben • analysieren die in der Industrie notwendigen Kenntnisse im Vergleich zu den Inhalten des eigenen Studiums | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3;2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung Praktikumszeugnis und Selbstreflexion (Bericht max. 2 Seiten über die im Praktikum erworbenen Kompetenzen) zur Abgabe im CBI-Praktikumsamt | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Studienleistung, Praktikumszeugnis 100% der Modulleistung | |
| 12 | Turnus des Angebots | in jedem Semester | |

| | | |
|----|---|--|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 12 Wochen Vollzeit Eigenstudium: - |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|---------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 1999 | Masterarbeit (M.Sc. Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232) Master's thesis | 30 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! | |
| 3 | Lehrende | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Michael Engel | |
| 5 | Inhalt | <p>Selbständige Bearbeitung einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung aus einem der folgenden Wissenschaftsschwerpunkte am Department Chemie- und Bioingenieurwesen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neue Materialien und Prozesse New Materials and Processes • Prozesse der Energietechnik Energy Technologies • Partikeltechnologie Particle Technologies • Funktionale Grenzflächen Interface Science and Technology • Biotechnologie Biotechnology • Optische Technologien Optical Technologies | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können eine wissenschaftliche Fragestellung aus einem ausgewählten Bereich des Chemie- und Bioingenieurwesens innerhalb einer vorgegebenen Frist selbständig bearbeiten • entwickeln eigenständige Ideen und Konzepte zur Lösung wissenschaftlicher Probleme • gehen in vertiefter und kritischer Weise mit Theorien, Terminologien, Besonderheiten, Grenzen und Lehrmeinungen des Faches um und reflektieren diese • können geeignete wissenschaftliche Methoden weitgehend selbständig anwenden und weiterentwickeln – auch in neuen und unvertrauten sowie fachübergreifenden Kontexten – sowie die Ergebnisse in wissenschaftlich angemessener Form darstellen • können fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht schriftlich und mündlich präsentieren und argumentativ vertreten • erweitern ihre Planungs- und Strukturierungsfähigkeit in der Umsetzung eines thematischen Projektes | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Voraussetzung für die Masterarbeit ist der Erwerb von 90 ECTS-Punkten im Masterstudium. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) schriftlich (6 Monate) | |

| | | |
|----|---|---|
| | | Die Masterarbeit und deren Ergebnisse sind im Rahmen eines Kolloquiums bzw. eines Vortrags im Umfang von max. 30 Minuten mit anschließender Diskussion vorzustellen. Die Masterarbeit wird mit 27 ECTS-Punkten, das Kolloquium mit 3 ECTS-Punkten veranschlagt. |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (10%) schriftlich (90%) PL (MA) und PL (Vortrag, 20-30 min. und Diskussion) (90 % + 10 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | in jedem Semester |
| 13 | Wiederholung der Prüfungen | Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden. |
| 14 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: Präsenzzeit + Eigenstudium 900 h Eigenstudium: Präsenzzeit + Eigenstudium 900 h |
| 15 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 16 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch |
| 17 | Literaturhinweise | Abhängig vom Thema der Masterarbeit |

Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94440 | Mechanische Verfahrenstechnik (Vertiefung) Focus module: Mechanical process engineering | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übungen zu Product Engineering (1 SWS) Vorlesung: Product Engineering (3 SWS) Praktikum: Praktikum in Product Engineering (3 SWS) Tutorium: Tutorium zu Product Engineering (1 SWS) | - 7,5 ECTS 2,5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Lukas Hartmann Dr. Jochen Schmidt Dr. Cornelia Damm | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr. Jochen Schmidt | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls werden die Grundlagen der Produktgestaltung behandelt. Ausgehend von der Eigenschaftsfunktion (Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften) werden Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften vorgestellt und an exemplarischen Prozessen vertieft. Neben der Partikelproduktion (u.a. Gasphasensynthese, Fällung, Zerkleinern) werden Fragen der Formulierung (z.B. Beschichtungen) behandelt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Gestaltung nanoskaliger Produkte. Hier gelingt die Einstellung makroskopischer Produkteigenschaften nur durch die mikroskopische Steuerung der Grenzflächen. Als Simulationswerkzeuge werden Populationsbilanzen eingeführt.</p> <p>Es werden Beispiele aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik behandelt. Das Modul richtet sich daher sowohl an Bio- und Chemieingenieure als auch Materialwissenschaftler, Pharmazeutische Technologen und Naturwissenschaftler.</p> <p>Wir fördern Teamfähigkeit und Präsentationstechniken durch die selbstständige Erarbeitung spezieller Beispiele in kleinen Gruppen.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen den Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften • setzen Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften an exemplarischen Prozessen um • lernen Partikelproduktion und Formulierungen, insbesondere die Gestaltung nanoskaliger Produkte • lernen die physikalischen Grundprinzipien zur Einstellung der dispersen Größen und deren Umsetzung in technischen Apparaten • wenden die Inhalte mit Beispielen aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik an | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |

| | | |
|----|--|---|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Mechanische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung -Mündliche Prüfung 30 min -Studienleistung: Praktikumsleistung, bestehend aus 3 Laborexperimenten in einer Praktikumsgruppe, jeweils mit Antestat und einer schriftlichen Versuchsauswertung pro Versuch und Gruppe |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Wird in der Vorlesung ausgegeben |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45230 | Rheologie / Rheometrie mit Praktikum Rheology/Rheometry (with laboratory) | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem | |
| 5 | Inhalt | <p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheoptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln. Darüber hinaus werden sie mit unterschiedlichen rheologischen Messsystemen und methoden vertraut.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen und anwenden; erkennen und beheben typische Messfehler. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluidodynamik der Biotechnologie. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung mündliche Prüfung (30 Min) Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) |

- M. Pahl, W. Gleißle, H.-M, Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995)
- D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993)
- M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer
- J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008)
- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45046 | Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann | |
| 5 | Inhalt | <p>In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>schriftlich oder mündlich Praktikumsleistung mündliche Prüfung (30 min) Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | <p>schriftlich oder mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %)</p> |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h</p> |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Vadrine (Eds.), Wiley-VCH 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45341 | Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum Solid-liquid two phase flow with laboratory | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Praktikum: Praktikum Fluid-Feststoff-Strömungen (3 SWS) Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS) | 2,5 ECTS - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Björn Düsenberg Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p> <p>Die theoretischen Inhalte werden durch die Versuche zur hydraulischen Förderung und zur zirkulierenden Wirbelschicht praktisch umgesetzt.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 | |

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45336 | Trocknungstechnik mit Praktikum Drying technology with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apparateauslegung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; <p>können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung Variabel Mündliche Prüfung (30 Min) und Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Variabel (100%) | |

| | | |
|----|---|---|
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | 1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014 2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013 Gehrman, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42901 | Process control and plant safety with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Praktikum: Process Control and Plant Safety (Lab Course) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards.</p> <p>The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) Variabel (bestanden/nicht bestanden) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 • Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition • Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012 |

Vertiefungsmodulgruppe Reaktionstechnik

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94390 | Reaktionstechnik (Vertiefung) Focus module: Chemical reaction engineering | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | |
|---|----------------------------------|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Patrick Schühle Dr. Peter Schulz Prof. Dr. Peter Wasserscheid |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Fluid/Fluid - Reaktionen • Gas/Feststoff - Reaktionen • Beschreibung unterschiedlicher chemischer Reaktionsapparate • Ideale und reale Reaktoren • Reaktionsführung bei unterschiedlichen Reaktionstypen • Wirbelschicht- und Fluid/Fluid - Reaktoren • Forschung in der Chemischen Reaktionstechnik • Fluid/Fluid - Reactions • Gas/Solid - Reactions • Description of different chemical reactors • Ideal and real reactors • Reaction operation in different reactor types • Fluidized bed- and Fluid/Fluid - Reactors • Research in chemical reaction engineering |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über die Sachkompetenz zur theoretischen Behandlung und praktischen Erarbeitung von Problemen der Technischen Chemie und der Entwicklung chemischer Verfahren. • sind in der Lage, kinetische Daten selbständig zu messen, auszuwerten und zu interpretieren. • können anhand selbständig gemessener Werte Transportvorgänge nachvollziehen und chemische Reaktoren für verschiedene Anwendungsfälle fehlerfrei auslegen. • sind befähigt zu selbständiger Bearbeitung und Diskussion aktueller Forschungsfragen auf dem Gebiet moderner katalytischer Materialien (ionische Flüssigkeiten, Beschichtungen, hierarchische Materialien, erneuerbare Chemikaliensynthese, Chemische Wasserstoffspeicherung). <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are competent in the theoretical treatment and practical development of problems in technical chemistry and the development of chemical processes. • are able to independently measure, evaluate and interpret kinetic data. |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • are able to understand transport processes on the basis of independently measured values and to design chemical reactors for various applications without errors. • are able to work independently on and discuss current research questions in the field of modern catalytic materials (ionic liquids, coatings, hierarchical materials, renewable synthesis of chemicals, chemical hydrogen storage). <p>Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)</p> |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Reaktionstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung mündlich (30 Minuten) Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) mündlich (100%) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Fitzer, Fritz, Emig, Einführung in die Chemische Reaktionstechnik, Springer Verlag, 4. Auflage, Berlin 1995 • Baerns, Hofmann, Renken, Chemische Reaktionstechnik, Thieme Verlag, Stuttgart. • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, 2. Auflage, Weinheim 2019 Wiley-VCH |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45046 | Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | |
|---|----------------------------------|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann |
| 5 | Inhalt | <p>In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt.</p> |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>schriftlich oder mündlich Praktikumsleistung mündliche Prüfung (30 min) Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | <p>schriftlich oder mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %)</p> |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h</p> |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Vadrine (Eds.), Wiley-VCH 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45336 | Trocknungstechnik mit Praktikum Drying technology with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apparateauslegung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; <p>können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung Variabel Mündliche Prüfung (30 Min) und Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Variabel (100%) | |

| | | |
|----|---|---|
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | 1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014 2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013 Gehrman, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42901 | Process control and plant safety with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Praktikum: Process Control and Plant Safety (Lab Course) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards.</p> <p>The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) Variabel (bestanden/nicht bestanden) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008• Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition• Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45230 | Rheologie / Rheometrie mit Praktikum Rheology/Rheometry (with laboratory) | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem | |
| 5 | Inhalt | <p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln. Darüber hinaus werden sie mit unterschiedlichen rheologischen Messsystemen und methoden vertraut.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen und anwenden; erkennen und beheben typische Messfehler. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluiddynamik der Biotechnologie. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung mündliche Prüfung (30 Min) Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) |

- M. Pahl, W. Gleißle, H.-M, Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995)
- D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993)
- M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer
- J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008)
- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45341 | Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum Solid-liquid two phase flow with laboratory | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Praktikum: Praktikum Fluid-Feststoff-Strömungen (3 SWS) Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS) | 2,5 ECTS - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Björn Düsenberg Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p> <p>Die theoretischen Inhalte werden durch die Versuche zur hydraulischen Förderung und zur zirkulierenden Wirbelschicht praktisch umgesetzt.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 | |

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 2023/24 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42901 | Process control and plant safety with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Praktikum: Process Control and Plant Safety (Lab Course) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards.</p> <p>The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) Variabel (bestanden/nicht bestanden) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 • Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition • Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42903 | Clean combustion technology with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Clean Combustion Technology (2 SWS) | 2,5 ECTS |
| | | Übung: Exercises in Clean Combustion Technology (2 SWS) | 2,5 ECTS |
| | | Praktikum: Lab Course in Clean Combustion Technology (3 SWS) | 2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Florian Bauer Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Verbrennungstechnik: Grundlagen, laminare Flammen, turbulente Flammen, Verbrennungsmodellierung, Schadstoffbildung, Anwendungsbeispiele. • Einführung in numerische Simulation von Strömungen mit Verbrennung. <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to combustion technology: Fundamentals, laminar flames, turbulent flames, conservation equations, modeling of combustion systems, pollutant formation, applications. • Introduction in numerical simulation of flows with combustion. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden verfügen über vertiefte Fach- und Methodenkompetenzen im Bereich der Verbrennungstechnik, Verbrennungsmodellierung, Schadstoffbildung und der technischen Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • können unterschiedliche Flammentypen charakterisieren und realisierte technische Anwendungen hinsichtlich Wirkungsgrad und Emissionen vergleichen und bewerten • können die globale Verbrennung sowie einfache Flammen mit thermodynamischen Erhaltungsgleichungen beschreiben • sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise an der Schnittstelle von Strömungsmechanik, Thermodynamik und Reaktionstechnik vertraut • haben Verständnis von Methoden der experimentellen und numerischen Verbrennungsanalyse • sind zum Einstieg in die universitäre als auch industrielle Forschung und Entwicklung auf einem aktuellen Themengebiet der Energietechnik befähigt • sind mit den neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der technischen und motorischen Verbrennungssysteme vertraut <p>Students will...</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain in-depth technical and methodological knowledge in combustion technology, combustion modeling, pollutant formation and engineering applications | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • are able to characterize different flame types and evaluate technical applications with respect to efficiency and pollutants • can describe global reaction equations as well as simple flames with thermodynamic conservation equations • are familiar with the interdisciplinary approach at the interface of fluid mechanics, thermodynamics and reactive flows • have an understanding of methods of experimental and numerical combustion analysis • are capable of entering university as well as industrial research and development in current topics of energy engineering • are familiar with the development in the field of applicative and engineered combustion systems |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Grundwissen Thermodynamik und Strömungsmechanik hilfreich. Auch für StudentInnen anderer Fachrichtungen geeignet (Chemie, Physik, Mathematik, Maschinenbau, Mechatronik, Computational Engineering).</p> <p>Prerequisites: Basic Thermodynamics and Fluid Dynamics is helpful. Students of other subjects (Chemistry, Physics, Mathematics, Mechanical Engineering, Mechatronics, Computational Engineering) can also participate.</p> |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Variabel (90 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (bestanden/nicht bestanden) Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Verbrennung", 3. Auflage, Springer-Verlag, 2001 • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Combustion", 4th Edition, Springer-Verlag, 2006 • Joos, F. "Technische Verbrennung", Springer-Verlag, 2006 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42950 | Optical diagnostics in energy and process engineering with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Franz Huber Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Raman scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics • are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <p>optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes</p> <ul style="list-style-type: none"> • |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Bioengineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Lecture Slides • Bräuer, Andreas: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44970 | Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering (with laboratory course) | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS) Praktikum: Praktikum in Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (3 SWS) | 5 ECTS 2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller Dr.-Ing. Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen • Im Rahmen des Praktikums werden an 9 Terminen verschiedene praktische Aspekte im Zusammenhang mit Stoffdaten behandelt. Dabei werden z.B. die Bestimmung von Viskosität und Diffusionskoeffizient mittels Dynamischer Lichtstreuung und die Analyse der entsprechenden | |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>Größen mittels molekularer Modellierung sowie die Charakterisierung von maßgeschneiderten Arbeitsfluiden für Hochtemperaturwärmepumpensysteme und Organic Rankine Cycles über die Erstellung einer Zustandsgleichung demonstriert. Zudem führen die Studierenden in einigen Fällen selbständig Versuchsauswertungen bzw. Datenanalysen durch.</p> <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state • In the lab course, several practical aspects in context with thermophysical properties will be treated within 9 events. Here, for example, the determination of viscosity and diffusion coefficients by Dynamic Light Scattering, the evaluation of the same properties by molecular modeling, and the characterization of tailor-made working fluids for high-temperature heat pump systems and Organic Rankine Cycles by the development of equations of state will be demonstrated. In context with some of these events, the students will perform data evaluations and analyses. |
| 6 | <p>Lernziele und Kompetenzen</p> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, |

- kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe,
- sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken,
- verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten,
- wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus und
- Die Studierenden führen selbständig Praktikumsversuche durch, indem sie beispielsweise Diffusionskoeffizienten mittels Dynamischer Lichtstreuung bestimmen und mittels molekularer Modellierung analysieren, Viskositäten und Grenzflächenspannungen mit optischen und konventionellen Methoden messen sowie maßgeschneiderte Arbeitsfluide für Hochtemperaturwärmepumpensysteme und Organic Rankine Cycles über die Erstellung einer Zustandsgleichung charakterisieren.

Education objectives and competences

The students

- are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties,
- use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit,
- know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems,
- are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods,
- understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties,
- select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering, and
- conduct experiments independently by, e.g., determining diffusion coefficients using Dynamic Light Scattering, evaluating the same properties by molecular modeling, measuring viscosities and interfacial tensions by optical and conventional methods, and characterizing tailor-made working fluids for high-temperature heat pump systems and Organic Rankine Cycles by the development of equations of state.

| | | |
|----|--|---|
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung Basic knowledge on Engineering Thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung schriftlich oder mündlich mündliche Prüfung zum Stoff von Vorlesung und Übung Teilnahmepflicht am Praktikum und Ausarbeitung zu den Praktikumsversuchen von insgesamt ca. 10-20 Seiten oral examination related to the contents of lectures and exercises mandatory presence at lab course events and reports on the experiments covering in total about 10-20 pages |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) schriftlich oder mündlich (100%) Note der mündlichen schriftlichen Prüfung grade of the oral examination |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 • Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 • Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 • R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 • R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 • M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsooakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 • Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 |

- J. M. Haile, *Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods*, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997
- G. Grimvall, *Thermophysical Properties of Materials*, Elsevier, Amsterdam, 1999
- J. A. Wesselingh, R. Krishna, *Mass Transfer in Multicomponent Mixtures*, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- *Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures*, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- *Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases*, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- *Diffusion in Condensed Matter*, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, *Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons*, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- *Applied Thermodynamics of Fluids*, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- *Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids*, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42901 | Process control and plant safety with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Praktikum: Process Control and Plant Safety (Lab Course) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards.</p> <p>The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) Variabel (bestanden/nicht bestanden) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 • Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition • Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45070 | Hochdrucktrenntechnik mit Praktikum High-pressure separation technologies (with laboratory) | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Hochdrucktrenntechnik (VL) (2 SWS) Übung: Hochdrucktrenntechnik (UE) (1 SWS) Praktikum: Hochdrucktrenntechnik (PR) (3 SWS) | 5 ECTS - - |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Detlef Freitag Dr.-Ing. Martin Drescher Prof. Dr. Matthias Thommes | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Martin Drescher | |
| 5 | Inhalt | <p>Vorstellung moderner Hochdrucktrennverfahren. Im ersten Teil des Moduls werden Thermodynamik, Fluidodynamik und Transportprozesse in Hochdrucksystemen behandelt. Hierbei wird insbesondere auf die technischen Anwendungsmöglichkeiten, die sich aus den speziellen Eigenschaften der Hochdrucksysteme ergeben, eingegangen. Im Weiteren werden Trennverfahren zur Gewinnung von Wertstoffen aus festen Ausgangsprodukten (z.B. Hopfen, Kaffee, Gewürze) und Flüssigkeiten vorgestellt. Abschließend werden integrierte und kombinierte Prozesse behandelt, bei denen die Trennung mit modernen Verfahren zur Produktkonfektionierung oder zur Energierückgewinnung enthalten sind. Im praktischen Teil des Moduls werden Hochdruck-Phasengleichgewichte an einem Hochdruckautoklaven gemessen. Die gemessenen Werte (Gasvolumina, Temperaturen,...) werden für weitere Berechnungen und Auftragungen (evtl. incl. einer kleinen Fehlerabschätzung) im Laufe des Labors umgesetzt.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> haben umfassende Kenntnisse im Bereich der nahe- und überkritischen Fluide, Phasengleichgewichte bei hohen Drücken und deren Anwendung in verfahrenstechnischen Anlagen zur Stofftrennung, der chem. Synthese bzw. der Behandlung von Materialien unter Hochdruck. kennen die wichtigsten kommerziell betriebenen Anwendungen wie z.B. die Hochdruck-extraktion (z.B. Hopfen) und Polymerisation (Polyethylen) im Detail. sind in der Lage verfahrenstechnische Konzepte für Aufgaben der Stofftrennung bzw. Produktkonfektionierung zu entwickeln, geeignete Prozessparameter (Druck, Temperatur) auszuwählen und die erforderlichen Berechnungen (Stoffbilanzen, Reaktionsausbeuten) durchzuführen. kennen das hohe Anwendungspotential überkritischer Fluide in Zukunftstechnologien wie z.B. bei den Partikelsyntheseverfahren und können entsprechende Prozesse konzipieren. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in Physikalischer Chemie und Chemischer Thermodynamik dringend empfohlen! | |

| | | |
|----|--|---|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Vertiefend neben dem vorlesungsbegleitendem Material: G. Brunner, Gas Extraction, Steinkopff, Darmstadt, Springer New York, 1994 E. Stahl, K.-W. Quirin, D. Gerard, Verdichtete Gase zur Extraktion und Raffination, Springer Verlag 1987 M.B. King, T.R. Bott, Extraction of Natural Products using Near- Critical Solvents, Chapmann & Hall 1993 R. Eggers (Hrsg), Industrial high pressure applications, Wiley-VCH, Weinheim 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42950 | Optical diagnostics in energy and process engineering with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Franz Huber Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Raman scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics • are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <p>optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes</p> <ul style="list-style-type: none"> • |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Bioengineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Lecture Slides • Bräuer, Andreas: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44970 | Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering (with laboratory course) | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS) Praktikum: Praktikum in Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (3 SWS) | 5 ECTS 2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller Dr.-Ing. Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen • Im Rahmen des Praktikums werden an 9 Terminen verschiedene praktische Aspekte im Zusammenhang mit Stoffdaten behandelt. Dabei werden z.B. die Bestimmung von Viskosität und Diffusionskoeffizient mittels Dynamischer Lichtstreuung und die Analyse der entsprechenden | |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>Größen mittels molekularer Modellierung sowie die Charakterisierung von maßgeschneiderten Arbeitsfluiden für Hochtemperaturwärmepumpensysteme und Organic Rankine Cycles über die Erstellung einer Zustandsgleichung demonstriert. Zudem führen die Studierenden in einigen Fällen selbständig Versuchsauswertungen bzw. Datenanalysen durch.</p> <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state • In the lab course, several practical aspects in context with thermophysical properties will be treated within 9 events. Here, for example, the determination of viscosity and diffusion coefficients by Dynamic Light Scattering, the evaluation of the same properties by molecular modeling, and the characterization of tailor-made working fluids for high-temperature heat pump systems and Organic Rankine Cycles by the development of equations of state will be demonstrated. In context with some of these events, the students will perform data evaluations and analyses. |
| 6 | <p>Lernziele und Kompetenzen</p> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, |

- kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe,
- sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken,
- verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten,
- wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus und
- Die Studierenden führen selbständig Praktikumsversuche durch, indem sie beispielsweise Diffusionskoeffizienten mittels Dynamischer Lichtstreuung bestimmen und mittels molekularer Modellierung analysieren, Viskositäten und Grenzflächenspannungen mit optischen und konventionellen Methoden messen sowie maßgeschneiderte Arbeitsfluide für Hochtemperaturwärmepumpensysteme und Organic Rankine Cycles über die Erstellung einer Zustandsgleichung charakterisieren.

Education objectives and competences

The students

- are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties,
- use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit,
- know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems,
- are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods,
- understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties,
- select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering, and
- conduct experiments independently by, e.g., determining diffusion coefficients using Dynamic Light Scattering, evaluating the same properties by molecular modeling, measuring viscosities and interfacial tensions by optical and conventional methods, and characterizing tailor-made working fluids for high-temperature heat pump systems and Organic Rankine Cycles by the development of equations of state.

| | | |
|----|--|---|
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung Basic knowledge on Engineering Thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung schriftlich oder mündlich mündliche Prüfung zum Stoff von Vorlesung und Übung Teilnahmepflicht am Praktikum und Ausarbeitung zu den Praktikumsversuchen von insgesamt ca. 10-20 Seiten oral examination related to the contents of lectures and exercises mandatory presence at lab course events and reports on the experiments covering in total about 10-20 pages |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) schriftlich oder mündlich (100%) Note der mündlichen schriftlichen Prüfung grade of the oral examination |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 • Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 • Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 • R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 • R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 • M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsooakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 • Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 |

- J. M. Haile, *Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods*, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997
- G. Grimvall, *Thermophysical Properties of Materials*, Elsevier, Amsterdam, 1999
- J. A. Wesselingh, R. Krishna, *Mass Transfer in Multicomponent Mixtures*, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- *Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures*, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- *Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases*, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- *Diffusion in Condensed Matter*, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, *Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons*, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- *Applied Thermodynamics of Fluids*, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- *Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids*, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42901 | Process control and plant safety with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Praktikum: Process Control and Plant Safety (Lab Course) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards.</p> <p>The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) Variabel (bestanden/nicht bestanden) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 • Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition • Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--------------------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44660 | Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen Machine learning and artificial intelligence in engineering | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (Ü) (1 SWS) Vorlesung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (V) (2 SWS) Praktikum: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (PR) (3 SWS) | 2,5 ECTS 5 ECTS 2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. Patric Müller | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | PD Dr. Patric Müller | |
| 5 | Inhalt | <p>Die Vorlesungen und Übungen vermitteln ausgewählte Algorithmen aus den Bereichen maschinelles Lernen (ML) und künstliche Intelligenz (KI) auf Grundlagenniveau und illustrieren diese anhand von relevanten Anwendungsbeispielen. Besprochen werden unter anderem die folgenden Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare und logistische Regression • Regularisierung • Neuronale Netze • Support Vector Machines • Clustering • Dimensionsreduktion • Anomaly Detection • Reinforcement Learning <p>Im Praktikum werden die Inhalte von Vorlesung und Übung durch aktuelle Spezialthemen ergänzt und vertieft. Mögliche Themen sind z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Convolutional Neural networks • Generative Adversarial Networks • Genetic Algorithms • Optimization • Physics Informed Neural Networks • Machine Learning Forecasting • AI-based Image Segmentation • DeepTrack: Using CNNs to Track Particles • Automated Machine Learning • Deep Learning Interpretability • Swarm Intelligence • Visualization of Machine Learning Methods • Informed Reinforcement Learning | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studentinnen und Studenten verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • was sich hinter den Schlagworten KI und ML verbirgt • verstehen wichtige Algorithmen aus den Bereichen KI und ML und können diese in Ihrer einfachsten Form selbst implementieren • kennen typische, im Bereich der Verfahrenstechnik relevante Anwendungsbeispiele von KI und ML | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • verstehen a) was KI und ML leisten kann und b) wo KI und ML im eigenen Fachbereich angewendet werden können • sind fähig, sich speziellere KI- und ML-Algorithmen und Anwendungen eigenständig zu erschließen • sind in der Lage die hochaktuellen Themen KI und ML mit solidem Hintergrundwissen zu diskutieren und zu bewerten • kennen einige für KI und ML wichtige Software-Tools (z.B. Python und Tensorflow) und können damit einfache Aufgaben bearbeiten. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung Variabel (90 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Hastie, Tibshirani, Friedman, The elements of statistical learning • Wolfgang Ertel, Grundkurs künstliche Intelligenz • Kelleher, MacNamee, DArcy, Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies - Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning • Aurelien Geron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42901 | Process control and plant safety with laboratory course | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Praktikum: Process Control and Plant Safety (Lab Course) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards.</p> <p>The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) Variabel (bestanden/nicht bestanden) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 • Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition • Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45035 | Adsorption: Fundamentals and Applications Adsorption: Fundamentals and applications | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Matthias Thommes | |
| 5 | Inhalt | 1. Introduction and terminology 2. Gas adsorptions basics and adsorbent materials 3. Physisorption mechanisms 4. Surface area determination 5. Porosity and pore structure analysis of nanoporous materials 5.1 Micropore analysis 5.2 Mesopore analysis 5.3 Macropore analysis : adsorption and liquid intrusion methods 5.4. Characterization of hierarchically structured porous materials 6. High pressure adsorption 7. Surface chemistry effects on adsorption 8. Adsorption and characterization in the liquid phase 9. Adsorption of mixtures 10. Adsorption applications in gas storage and separation | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | The students will achieve a deep understanding of the underlying mechanisms for the adsorption of fluids on powders and nanoporous materials know adsorption-based and complimentary techniques/methodologies for a reliable characterization of adsorbents for applications in separation, heterogeneous catalysis etc. understand the basics of high pressure adsorption and corresponding applications in gas storage know selected, important principles of adsorption-based separation processes | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich Oral examination (30 min.) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |

| | | |
|----|---|--|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42918 | Fuel cells and electrolyzers | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele | |
| 5 | Inhalt | Fuel cell (FC) and electrolysis cell (ECs) <ul style="list-style-type: none"> • Application areas • Thermodynamic boundary conditions • Electrochemical basics • Kinetics • Transport processes • State of the art • Characterisation techniques • Open questions and scientific challenges | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • are able to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry • understand kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions • apply basic knowledge in thermodynamics and general chemistry • are familiar with basic concepts of electrochemical engineering for fuel cells and electrolyzers • can describe thermodynamics, kinetic effects and electrochemical foundations • understand limitations such as kinetic, ohmic or mass transport limitations • have a solid knowledge on the state of the art • know how to experimentally characterize cells • are able to deduce methods to improve cell technologies by analyzing experimental data | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | To succeed in this course, students will need to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry. Understanding of kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions should be familiar from physical chemistry classes. Basic knowledge in thermodynamics and general chemistry is beneficial. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> O'hayre, Ryan; Cha, Suk-Won; Prinz, Fritz B.; Colella, Whitney (2016): Fuel cell fundamentals: John Wiley & Sons. |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45375 | Polymer Science and Processing Polymer science and processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Polymer Science and Processing (2 SWS) Vorlesung: Polymer Science and Processing (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to polymer science with a broad focus on: Synthesis, characterization and processing of polymeric materials; Structure-property relationships at the molecular level, in the liquid and melt state and in the solid.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to macromolecules: definition of terms, special features of polymers, polymerization reactions, polymer architectures, Classifications of polymeric materials • Polymer synthesis: chain and step growth, living Polymerizations, catalytic polymerizations, copolymerizations • Characterizations: determination of molecular weights • Properties of polymers in the liquid state: thermodynamics of polymer solutions, conformations • Properties of polymers in the solid state: phase transitions, amorphous materials, semi-crystalline materials, elastomers • Processing of polymers: extrusions, injection molding processes, Additive manufacturing, fiber and film manufacturing • Special polymers and applications of polymeric materials | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn basic structure-property relationships of macromolecules and polymeric materials • are able to derive macroscopic material properties from molecular structures • develop the conceptual ability to adapt macroscopic properties by changing the molecular structure • learn basic skills in the synthesis, characterization and processing of polymer materials • have the ability to select an appropriate polymeric material for a given application • get an insight into current research activities in the field of polymer science | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Koltzenburg, Maskos, Nuyken, Polymere, Springer Spektrum 2014 • R. J. Young, P. A. Lovell, Introduction to Polymers, 3rd Edition. CRC Press 2011 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45045 | Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization Porous materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | |
|---|----------------------------------|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann |
| 5 | Inhalt | In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels |

| | | |
|----|--|--|
| | | <p>Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Vadrine (Eds.), Wiley-VCH 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42936 | Self-organisation processes Self-organization processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-Organisation Processes (Exercise) (3 SWS) | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Giulia Magnabosco | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Michael Engel | |
| 5 | Inhalt | <p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials gain insight into current research in the field of the lecture |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45335 | Trocknungstechnik Drying technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apperateauslegung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; • können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Mündliche Prüfung (30 Min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|--|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014</p> <p>2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013</p> <p>Gehrmann, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.</p> |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42915 | Process simulation | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Klausur/written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites Required: <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94356 | Process Technologies Process technologies | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Process Technologies (2 SWS) Übung: Process Technologies Exercises (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>The Module "Process Technologies gives an overview on important processes in the chemical process industries. The processes are treated in a holistic approach and the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process are discussed in more detail. In particular, the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design are discussed. The presented processes are selected based on their importance in the fields of raw materials, intermediates and consumer products of the chemical process industries. In the sense of process engineering, apart from the reaction steps, the separation operations are also part of the considerations. The evaluation of the methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability complete the description of the processes. In detail, the following aspects are treated:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raw materials (crude oil, fuels, natural gas, technical gases) • Organic base chemicals (syngas, alkanes, alkenes, aromatics) • Organic intermediates (C1-C4 alcohols, cyclic alcohols, ether, epoxides, organic acids) • Renewable raw materials • Organic end products (surfactants, pigments, polymers) • Inorganic base chemicals and intermediates (sulfuric acid, ammonia, sodium hydroxide) • Inorganic end products (fertilizers, ceramics, glass) • Process development (technologies, economic evaluation) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • know the important processes in the chemical process industries • describe the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process • discuss the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design • evaluate the processes und methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Textbooks and compendia on Technical Chemistry, e.g. <ul style="list-style-type: none"> • Baerns, et al., Technische Chemie, Wiley-VCH • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, Wiley-VCH • Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 43110 | Angewandte Thermofluiddynamik Applied thermo-fluid dynamics | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Vojislav Jovicic | |
| 5 | Inhalt | <p>Although there are no special pre-requirements for this course, due to the nature of the topic and selected examples, course is more suitable for students with basic background in thermodynamics and fluid mechanics followed by higher interests in topics related to energy, efficiency, combustion systems, energy transformation, boilers and heating systems, pollutant reduction, etc. Goal of the course is to explain how some basic chemical, thermodynamical and fluid mechanical phenomena are used in engineering for practical conventional and state-of-art applications. As an example, course follows a life cycle of single oil droplet starting with its extraction from the earth and ending in the combustion chamber of household heating system. By following oil droplet on its way to the final use, course is introducing different energy transformations and explains different physical phenomena and technical solutions used in each phase of an oil droplet life cycle. In this way, course discusses topics like:</p> <ul style="list-style-type: none"> • world-wide and local trends in energy production, • production of different fractions of liquid fossil fuels, • spray formation mechanisms and applied technical solutions, • evaporation process and novel evaporation techniques, • conventional and novel combustion technologies, • environmental impact and pollutant emissions, • household heating systems and its components, etc. <p>Within the course, principles of operations for different parts of conventional household heating systems are explained including related basic physical phenomena. Apart from conventional systems, students are introduced to some state-of-art solutions like cool-flame or combustion within porous inert media. The lectures are followed by exercises and practical laboratory demonstrations.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students are instructed</p> <ul style="list-style-type: none"> • to improve their knowledge on world-wide and local energy trends, • to get overview of the complexity of energy efficiency, low pollutant use of fossil fuels today, • to learn more about some practical use of basic chemical, thermodynamical and fluid mechanical phenomena, | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • to get insight in some state-of-art concepts related to efficient use of gas/liquid fossil fuels, • to experience practical demonstrations of different conventional and novel combustion techniques and learn about their advantages and disadvantages. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Cengel and Boles: Thermodynamics: An Engineering Approach. McGraw-Hill • Dibble: Verbrennung Physikalisch-Chemische Grundlagen, Modellierung und Simulation, Experimente, Schadstoffentstehung. Springer • Kenneth K. Kuo: Principles of Combustion. John Wiley & Sons, Inc. • Howell, Hall and Ellzey: Combustion of Hydrocarbon Fuels within Porous Inert Media. Elsevier • Baukal: Industrial Burners - Handbook. CRC Press |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45291 | Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) Applied thermo-fluid dynamics (Power train systems) | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Exkursion: Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) Exkursion (1 SWS) | 1 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechanik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien | |

| | | |
|----|--|---|
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur, schriftlich 120min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) |

- Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988)
- Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009)
- Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015)
- Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012)
- Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015)
- Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018)
- O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016)
- Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013)
- Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013)
- Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45400 | Digitale Bildverarbeitung Digital image processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <p>Digitale Bildverarbeitung spielt eine immer größere Rolle bei der Durchführung und Auswertung von Messungen in Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung.</p> <p>Das Modul vermittelt grundlegende und weiterführende Kenntnisse und Techniken zur selbständigen Lösung häufiger Problemstellungen bei der optischen Datennahme und -auswertung.</p> <p>Themen: Licht, Lichtquellen, Kameras, Optik, Aufnahmetechniken, Detektoren, Aberrationen, Digitale Bildtypen, Speicherformate, Abtasttheorem, Kompression, Filter, Rauschen, Kalibrierung, Fourier Transformation, Bildwiederherstellung, Korrelation, PIV, Tracking, Farbbilder, Wavelets, Morphologie, Segmentierung, Repräsentation, Abstraktion, Objekterkennung.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden können selbstständig optische Daten aufnehmen und auswerten. Sie verstehen das Konzept der zugrundeliegenden Methoden.</p> <p>Unter anderem beherrschen und verwenden Sie Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur selbstständigen Aufnahme und Verarbeitung digitaler Bilder • zur Filterung von Bildern im Orts- und Fourierraum • zur Segmentierung von Bildern • zur Objekterkennung und Klassifikation von Objekten • zur Objektverfolgung (PIV) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---------|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45340 | Fluid-Feststoff-Strömungen Solid-liquid two phase flow | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |

| | | |
|----|---|---|
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44790 | Partikelbasierte Strömungsmechanik Particle-based fluid mechanics | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-V) (2 SWS) Übung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-UE) (1 SWS) | - - |
| 3 | Lehrende | PD Dr. Patric Müller | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Gegenüberstellung von partikelbasierten und gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics • Comparison of particle-based and grid-based methods in fluid mechanics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Vor- und Nachteile partikelbasierter Verfahren im Vergleich zu gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik. • kennen die einzelnen Algorithmen, die hinter den besprochenen Methoden stehen und können Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Methoden darlegen. • kennen die Implementierung der einzelnen Methoden vor dem Hintergrund einer Anwendung auf Hochleistungsrechnern. • kennen die Stärken und Schwächen der besprochenen Methoden und können für verschiedene Situationen die geeignete Methode auswählen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Programmieren Grundlagen, Strömungsmechanik Grundlagen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|--|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | G.A. Bird, Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows G. Gompper et al., Multi-Particle Collision Dynamics: A Particle-Based Mesoscale Simulation Approach to the Hydrodynamics of Complex Fluids E.-S. Lee et al., Comparisons of weakly compressible and truly incompressible algorithms for the SPH mesh free particle method. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45231 | Rheologie / Rheometrie Rheology/Rheometry | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem | |
| 5 | Inhalt | <p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheoptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluidodynamik der Biotechnologie. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) mündlich, 30 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008) |

- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites Required: <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: | |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45211 | Turbulence I Physics of turbulence and turbulence modelling I | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Turbulence I (3 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |
| 5 | Inhalt | <p>In this lecture, practical methods to compute and analyse general turbulent flows are introduced. The starting point is the Navier-Stokes equations, which are formally derived, and averaged in time. The new terms, arising from the averaging operation, are interpreted physically, and different modelling approaches (“turbulence modelling”) are derived, discussed and analysed. The application of the various turbulence models in specific cases such as boundary layers, free jets are discussed in detail.</p> <p>In addition to the modelling, also physical aspects of turbulence are discussed, with specific focus on turbulent boundary layers. Different scaling laws for the mean and fluctuating profiles are introduced, and the effect of roughness is quantified.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Can compute general turbulent flows • Can derive relevant equations and perform time averages • May interpret the additional terms due to averaging • Are able to use the discussed turbulence models in practical situations • Are familiar with the near-wall behaviour of turbulence and can estimate common quantities such as skin friction and boundary layer thickness • Can conceptualise the effect of roughness in a turbulent boundary layer | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|---|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Pope, S.: Turbulence, CUP, 2000 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42917 | Clean combustion technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Clean Combustion Technology (2 SWS) Übung: Exercises in Clean Combustion Technology (2 SWS) | 2,5 ECTS 2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Florian Bauer Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | Introduction to combustion technology: fundamentals, laminar flames, turbulent flames, combustion modeling , pollutant formation, application. Introduction to numerical simulation of flows with combustion. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will...</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain in-depth technical and methodological knowledge in combustion technology, combustion modeling, pollutant formation and engineering applications • are able to characterize different flame types and evaluate technical applications with respect to efficiency and pollutants • can describe global reaction equations as well as simple flames with thermodynamic conservation equations • are familiar with the interdisciplinary approach at the interface of fluid mechanics, thermodynamics and reactive flows • have an understanding of methods of experimental and numerical combustion analysis • are capable of entering university as well as industrial research and development in current topics of energy engineering • are familiar with the development in the field of applicative and engineered combustion systems | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge of thermodynamics and fluid mechanics is recommended. Also suitable for students in other disciplines (chemistry, physics, mathematics, mechanical engineering, mechatronics, computational engineering). | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (90 Minuten) Written exam with a combination of multiple-choice and open questions | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|--|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Verbrennung", 3. Auflage, Springer-Verlag, 2001• Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Combustion", 4th Edition, Springer-Verlag, 2006• Joos, F. "Technische Verbrennung", Springer-Verlag, 2006 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42935 | Optical diagnostics in energy and process engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Franz Huber Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Inelastic (Raman) scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption spectroscopy (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Biological Engineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Variabel</p> <p>„Die Prüfung richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und umfasst entweder eine mündliche Prüfung von 30 min oder eine Klausur von 90 min Dauer. Die Entscheidung für eine Prüfungsform wird in Semestern, in denen die Lehrveranstaltungen stattfinden, spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn in der Lehrveranstaltung und in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben. In Semestern, in denen keine Lehrveranstaltungen stattfinden, wird die Prüfungsform spätestens zwei Monate vor der Wiederholungsprüfung in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben.“</p> <p>“The examination depends on the didactic character of the module and comprises either an oral examination of 30 minutes or a written examination of 90 minutes. In semesters in which the courses take place, the decision on the type of examination will be announced in the course and in the StudOn group no later than two weeks after the start of lectures. In semesters in which no courses take place, the type of examination will be announced in the StudOn group no later than two months before the re-examination.”</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Lecture Slides |

- Hanson, R.K., Spectroscopy and Optical Diagnostics for Gases, Springer, 2016
- Bräuer, A: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44960 | Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller Dr.-Ing. Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion | |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state |
| 6 | <p>Lernziele und Kompetenzen</p> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, • kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe, • sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken, • verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten und • wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus. <p>*Education objectives and competences*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties, • use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit, • know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems, • are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods, |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties, • select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung Basic knowledge on engineering thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich mündliche Prüfung zum Stoff von Vorlesung und Übung oral examination based on the contents of lectures and exercises |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 • Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 • Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 • R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 • R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 • M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsoakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 • Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 • J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997 • G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999 |

- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 43700 | Transportprozesse Transport processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Transportvorgänge: Wärme-, Stoff-, und Impulsübertragung • Auf Basis der kinetischen Gastheorie werden Gleichungen zur Beschreibung von Transportvorgängen (allgemeine Transportgleichung, Fourier'sches Gesetz, Fick'sche Gesetze,) hergeleitet und für in der Technik typischen Geometrien und Randbedingungen angewandt • Herleitung von Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellung • Aufbereitung von Problemstellungen zur Lösung mit Rechnerunterstützung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefende Kenntnisse in der Impuls-, Wärme, und Stoffübertragung • können Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellungen eigenständig herleiten • bereiten Aufgabenstellung zur Lösung am Rechner z.B. mit Hilfe von MatLab auf • erarbeiten projektbezogener Aufgaben am Beispiel von Miniprojekten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) variabel: mündlich oder schriftlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45291 | Angewandte Thermofluidynamik (Fahrzeugantriebe) Applied thermo-fluid dynamics (Power train systems) | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Exkursion: Angewandte Thermofluidynamik (Fahrzeugantriebe) Exkursion (1 SWS) | 1 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechanik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien | |

| | | |
|----|--|---|
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur, schriftlich 120min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) |

- Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988)
- Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009)
- Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015)
- Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012)
- Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015)
- Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018)
- O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016)
- Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013)
- Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013)
- Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45310 | Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik Thermal power plants and power plant technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |
| 5 | Inhalt | <p>1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen der Stromerzeugung 2. Thermodynamische Grundlagen der Kraftwerkstechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dampfkraftprozesse, • Gasturbinenprozesse • Gasmotorenprozesse • Kombiprozesse <p>4. Kohlekraftwerke mit Carbon Capture and Sequestration (CCS) 5. Dampfkraftprozesse für Erneuerbare Energien 6. Kernkraftwerke 7. Organic Rankine Cycles für die Abwärmenutzung 8. Gasturbinen- und hocheffiziente GUD-Kraftwerke 9. Stationäre Gasmotoren für die Kraft-Wärme-Kopplung 10. Carnot-Batterien</p> <p>Zur Vorlesung gehört eine Übung, in der mit der Programmiersprache Python einfache Kraftwerksprozesse programmiert werden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solarthermische Kraftwerke • Geothermische Kraftwerke • Biomasse-Kraftwerke | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen Technologien und Komponenten der Kraftwerkstechnik • haben einen grundlegenden Überblick über energiewirtschaftliche Fragen der Kraftwerkstechnik • analysieren Energieumwandlungsprozesse zur Erzeugung von elektrischer Energie in thermischen Kraftwerken • können technische Realisierung von Kraftwerken nachvollziehen und Vorschläge zur Optimierung erarbeiten und bewerten • wenden thermodynamische Prinzipien zur Prozessoptimierung an und können diese Methoden zur Prozessoptimierung weiterentwickeln • können thermodynamische Kreisprozesse mit der Programmiersprache Python berechnen | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfehlung: Vorlesung Technische Thermodynamik | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 2023/2 |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur, Dauer: 60 Min. |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | J. Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag K. Strauß, Kraftwerkstechnik, Springer Verlag H. Effenberger, Dampferzeugung, Springer-Verlag H. Spliethoff, Power generation from Solid Fuels, Springer-Verlag J. Karl, Klimawende, neobooks |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites Required: <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45035 | Adsorption: Fundamentals and Applications Adsorption: Fundamentals and applications | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Matthias Thommes | |
| 5 | Inhalt | 1. Introduction and terminology 2. Gas adsorptions basics and adsorbent materials 3. Physisorption mechanisms 4. Surface area determination 5. Porosity and pore structure analysis of nanoporous materials 5.1 Micropore analysis 5.2 Mesopore analysis 5.3 Macropore analysis : adsorption and liquid intrusion methods 5.4. Characterization of hierarchically structured porous materials 6. High pressure adsorption 7. Surface chemistry effects on adsorption 8. Adsorption and characterization in the liquid phase 9. Adsorption of mixtures 10. Adsorption applications in gas storage and separation | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | The students will achieve a deep understanding of the underlying mechanisms for the adsorption of fluids on powders and nanoporous materials know adsorption-based and complimentary techniques/methodologies for a reliable characterization of adsorbents for applications in separation, heterogeneous catalysis etc. understand the basics of high pressure adsorption and corresponding applications in gas storage know selected, important principles of adsorption-based separation processes | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich Oral examination (30 min.) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |

| | | |
|----|---|--|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 47810 | Chemische Energiespeicherung Energy storage chemical | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Detlef Freitag | |
| 5 | Inhalt | <p>Inhaltliche Schwerpunktthemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische Grundlagen chemischer Energiespeicherung • Überblick über Energiespeichertechnologien (auch nicht chemisch) • Biogene Energieträger • Elektrochemische Grundlagen und Anwendungen für elektrochemische Energiespeicherung • Wasserstoffspeichertechnologien (Kompression, Verflüssigung, Adsorption) • Wasserstoffspeicherung durch chemische Bindung an Trägerstoff • Energiespeicherung durch Erzeugung von Brennstoffen • Wärmespeicherung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefte Fach- und Methodenkompetenzen im Bereich der chemischen Energiespeicherung • sind mit den neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der chemischen Energiespeicherung vertraut • können unterschiedliche Energiespeicher- und Energietransportkonzepte im Sinne einer Prozesskettenanalyse und unter Betrachtung der verfahrenstechnischen Aspekte miteinander vergleichen und bewerten • sind zur Beurteilung und Diskussion thermodynamischer und kinetischer Aspekte chemischer Energiespeicherkonzepte befähigt • sind in der Lage Potentiale, Energiedichten und Wirkungsgrade neuer Speichertechnologien und ansätze zu ermitteln • sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaften und Chemie vertraut • sind zum Einstieg in die industrielle Forschung und Entwicklung auf einem der aktuellsten Themengebieten im Bereich der "Energiewende" befähigt | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) Klausur (120 Min) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Huggins, R.A., Energy Storage, Springer, 2010 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45071 | Hochdrucktrenntechnik High-pressure separation technologies | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Hochdrucktrenntechnik (VL) (2 SWS) Übung: Hochdrucktrenntechnik (UE) (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Detlef Freitag Dr.-Ing. Martin Drescher Prof. Dr. Matthias Thommes | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Martin Drescher | |
| 5 | Inhalt | <p>Vorstellung der vielfältigen Anwendungsgebiete und Einsatzmöglichkeiten hoch verdichteter Gase, angefangen von klassischen Feldern, wie der Hochdruck- Extraktion und Polymerisation, bis hin zu neueren Anwendungen und aktuellen Forschungsarbeiten, wie beispielsweise der Partikelerzeugung und Imprägnierung unter Hochdruck. Zum Verstehen der angewandten Techniken werden alle notwendigen Grundlagen auf dem Gebiet der nahe- und überkritischen Fluide erörtert. Anhand konkreter Stoffbeispiele aus Forschung und Anwendung werden die Vorteile der Technologien hervorgehoben.</p> <p>Gliederung:</p> <p>Grundlagen (nahe- und überkritische Fluide, Zustandsänderungen und -diagramme)</p> <p>CO₂, Phasengleichgewichte</p> <p>Hochdruck- Extraktion von Feststoffen und Flüssigkeiten (z.B. Entcoffeinierung von Kaffee und Tee, Hopfen- und Gewürzextraktion)</p> <p>Verfahren zur Druckbehandlung von Materialien (Entwesung, Imprägnierung, Färbung)</p> <p>Sicherheit, Kosten</p> <p>Hochdruckpolymerisation (Polyethylen)</p> <p>Hochdruckkristallisation (Diamantsynthese, Gashydrate)</p> <p>Analytische Verfahren</p> <p>Pulverherstellung (PGSS, GAS, SAS)</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> haben umfassende Kenntnisse im Bereich der nahe- und überkritischen Fluide, Phasengleichgewichte bei hohen Drücken und deren Anwendung in verfahrenstechnischen Anlagen zur Stofftrennung, der chem. Synthese bzw. der Behandlung von Materialien unter Hochdruck. kennen die wichtigsten kommerziell betriebenen Anwendungen wie z.B. die Hochdruck-extraktion (z.B. Hopfen) und Polymerisation (Polyethylen) im Detail. sind in der Lage verfahrenstechnische Konzepte für Aufgaben der Stofftrennung bzw. Produktkonfektionierung zu entwickeln, geeignete Prozessparameter (Druck, Temperatur) auszuwählen und die erforderlichen Berechnungen (Stoffbilanzen, Reaktionsausbeuten) durchzuführen. | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> kennen das hohe Anwendungspotential überkritischer Fluide in Zukunftstechnologien wie z.B. bei den Partikelsyntheseverfahren und können entsprechende Prozesse konzipieren. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in Physikalischer Chemie und Chemischer Thermodynamik |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Vertiefend neben dem vorlesungsbegleitendem Material:</p> <p>G. Brunner, Gas Extraction, Steinkopff, Darmstadt, Springer New York, 1994</p> <p>E. Stahl, K.-W. Quirin, D. Gerard, Verdichtete Gase zur Extraktion und Raffination, Springer Verlag 1987</p> <p>M.B. King, T.R. Bott, Extraction of Natural Products using Near- Critical Solvents, Chapmann & Hall 1993</p> <p>R. Eggers (Hrsg), Industrial high pressure applications, Wiley-VCH, Weinheim 2012</p> |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45081 | Membranverfahren Membrane processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung zu Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (1 SWS) Vorlesung: Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Jan-Christoph Domagala Johannes Wieczorek Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |

| | | | |
|---|-------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |
| 5 | Inhalt | <p>Membranverfahren finden vielfältige Anwendung in der chemischen, biotechnologischen und medizinischen Technik, wie z.B. in der Meerwasserentsalzung und Abwasseraufbereitung, für die Trennung organischer Stoffgemische und Produktion von Spezialchemikalien, bei der Aufbereitung von Gemischen aus biotechnologischen Produktionen oder der therapeutischen Blutreinigung.</p> <p>Membranverfahren zeichnen sich dabei durch hohe Leistungsfähigkeit, Selektivität und Zuverlässigkeit aus. Daneben sind sie in hohem Maße "kompatibel" zu anderen Trenn- und Reaktionsprozessen, so dass sie gezielt zu deren Intensivierung in hybriden und reaktiven Trennverfahren eingesetzt werden können.</p> <p>In Rahmen des Moduls werden die technisch relevanten Membrantrennverfahren Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse, Pervaporation, Gas-Trennung und Elektrodialyse behandelt sowie neuere Entwicklungen vorgestellt. Die Membranverfahren werden ausgehend von ihren physikalisch-chemischen Grundlagen bis hin zur Auslegung technischer Prozesslösungen besprochen, sowie technisch bereits realisierte Verfahren analysiert. Neben typischen Anwendungen wie z.B. der Wasseraufbereitung werden vorwiegend technische Membranverfahren für chemische und biotechnologische Anwendungen vorgestellt. Es wird dabei die Fähigkeit vermittelt, für gegebene Problemstellungen geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, optimierte Prozessparameter für verschiedene Apparate und Stoffsysteme abzuleiten, sowie eine Bewertung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Mikrofiltration 3. Ultrafiltration 4. Nanofiltration 5. Umkehrosmose 6. Dialyse und künstliche Niere 7. Pervaporation 8. Gaspermeation 9. Elektrodialyse 10. Donnan-Dialyse | |

| | | |
|----|--|--|
| | | 11. Aktuelle Forschungsgebiete |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten Membranverfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen und Prozess-Performance, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und ihre Wirtschaftlichkeit zu bewerten. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in thermischen Trennverfahren, Bioseparations oder Downstream Processing |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> <p>Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Weiterführende Literatur bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R.W. Baker, Membrane Technology and Applications, Wiley, 2004 (besonders empfohlen) • T. Melin, R. Rautenbach, Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer, 2007 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42935 | Optical diagnostics in energy and process engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Franz Huber Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Inelastic (Raman) scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption spectroscopy (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Biological Engineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Variabel</p> <p>„Die Prüfung richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und umfasst entweder eine mündliche Prüfung von 30 min oder eine Klausur von 90 min Dauer. Die Entscheidung für eine Prüfungsform wird in Semestern, in denen die Lehrveranstaltungen stattfinden, spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn in der Lehrveranstaltung und in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben. In Semestern, in denen keine Lehrveranstaltungen stattfinden, wird die Prüfungsform spätestens zwei Monate vor der Wiederholungsprüfung in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben.“</p> <p>“The examination depends on the didactic character of the module and comprises either an oral examination of 30 minutes or a written examination of 90 minutes. In semesters in which the courses take place, the decision on the type of examination will be announced in the course and in the StudOn group no later than two weeks after the start of lectures. In semesters in which no courses take place, the type of examination will be announced in the StudOn group no later than two months before the re-examination.”</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Lecture Slides |

- Hanson, R.K., Spectroscopy and Optical Diagnostics for Gases, Springer, 2016
- Bräuer, A: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 92890 | Technische Chromatographie Technical chromatography | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |
| 5 | Inhalt | <p>Die technische Chromatographie ist ein sehr leistungsfähiges Trennverfahren, das insbesondere für schwierige Trennaufgaben genutzt wird. Sie hat große Bedeutung bei der Produktion von z.B. Feinchemikalien, Pharmazeutika und biotechnologischen Produkten. Chromatographische Prozesse werden periodisch betrieben, was ihre Entwicklung und Auslegung anspruchsvoll macht. Andererseits bieten sie viele Freiheitsgrade, was besonders innovative Verfahrenskonzepte ermöglicht.</p> <p>Die Vorlesung vermittelt eine ingenieurwissenschaftliche Sicht auf die Chromatographie. Behandelt werden die wesentlichen Grundprinzipien und Prozesskonzepte. Der Einfluss physiko-chemischer Vorgänge auf Prozessdynamik und -Performance wird im Rahmen der modellbasierten Auslegung entsprechender Verfahren diskutiert. Wichtige apparative und anwendungsbezogene Aspekte werden anhand relevanter Beispiele erläutert.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Einleitung 2 Grundlegende Prinzipien 3 Prozessdynamik unter idealen Bedingungen 4 Prozessdynamik unter realen Bedingungen 5 Modellierung chromatographischer Prozesse 6 Auslegung und Optimierung chromatographischer Verfahren 7 Innovative Verfahrenskonzepte 8 Anwendungsbereiche der Chromatographie | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten chromatographischen Verfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen, Chromatogrammen und Prozess-Performance, • verstehen grundlegend die nichtlineare Dynamik chromatographischer Prozesse, • kennen gebräuchliche Prozessmodelle und können sie problemabhängig auswählen, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, chromatographische Verfahren konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und zu bewerten. | |

| | | |
|----|--|--|
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Vertiefend neben dem angebotenen vorlesungsbegleitenden Material bspw.: <ul style="list-style-type: none"> • Schmidt-Traub, Schulte, Seidel-Morgenstern (Eds.), Preparative Chromatography of Fine Chemicals and Pharmaceutical Agents (2nd ed), Wiley-VCH, 2012 • Guiochon, Shirazi, Felinger, Katti, Fundamentals of Preparative and Nonlinear Chromatography Academic Press, 2006 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44960 | Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller Dr.-Ing. Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion | |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state |
| 6 | <p>Lernziele und Kompetenzen</p> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, • kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe, • sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken, • verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten und • wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus. <p>*Education objectives and competences*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties, • use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit, • know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems, • are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods, |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties, • select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung Basic knowledge on engineering thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich mündliche Prüfung zum Stoff von Vorlesung und Übung oral examination based on the contents of lectures and exercises |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 • Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 • Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 • R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 • R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 • M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsoakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 • Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 • J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997 • G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999 |

- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites Required: <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: | |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94356 | Process Technologies Process technologies | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Process Technologies (2 SWS) Übung: Process Technologies Exercises (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>The Module "Process Technologies gives an overview on important processes in the chemical process industries. The processes are treated in a holistic approach and the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process are discussed in more detail. In particular, the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design are discussed. The presented processes are selected based on their importance in the fields of raw materials, intermediates and consumer products of the chemical process industries. In the sense of process engineering, apart from the reaction steps, the separation operations are also part of the considerations. The evaluation of the methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability complete the description of the processes. In detail, the following aspects are treated:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raw materials (crude oil, fuels, natural gas, technical gases) • Organic base chemicals (syngas, alkanes, alkenes, aromatics) • Organic intermediates (C1-C4 alcohols, cyclic alcohols, ether, epoxides, organic acids) • Renewable raw materials • Organic end products (surfactants, pigments, polymers) • Inorganic base chemicals and intermediates (sulfuric acid, ammonia, sodium hydroxide) • Inorganic end products (fertilizers, ceramics, glass) • Process development (technologies, economic evaluation) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • know the important processes in the chemical process industries • describe the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process • discuss the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design • evaluate the processes und methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Textbooks and compendia on Technical Chemistry, e.g. <ul style="list-style-type: none"> • Baerns, et al., Technische Chemie, Wiley-VCH • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, Wiley-VCH • Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45400 | Digitale Bildverarbeitung Digital image processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <p>Digitale Bildverarbeitung spielt eine immer größere Rolle bei der Durchführung und Auswertung von Messungen in Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung.</p> <p>Das Modul vermittelt grundlegende und weiterführende Kenntnisse und Techniken zur selbständigen Lösung häufiger Problemstellungen bei der optischen Datennahme und -auswertung.</p> <p>Themen: Licht, Lichtquellen, Kameras, Optik, Aufnahmetechniken, Detektoren, Aberrationen, Digitale Bildtypen, Speicherformate, Abtasttheorem, Kompression, Filter, Rauschen, Kalibrierung, Fourier Transformation, Bildwiederherstellung, Korrelation, PIV, Tracking, Farbbilder, Wavelets, Morphologie, Segmentierung, Repräsentation, Abstraktion, Objekterkennung.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden können selbstständig optische Daten aufnehmen und auswerten. Sie verstehen das Konzept der zugrundeliegenden Methoden.</p> <p>Unter anderem beherrschen und verwenden Sie Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur selbstständigen Aufnahme und Verarbeitung digitaler Bilder • zur Filterung von Bildern im Orts- und Fourierraum • zur Segmentierung von Bildern • zur Objekterkennung und Klassifikation von Objekten • zur Objektverfolgung (PIV) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---------|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44650 | Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) Machine learning and artificial intelligence in engineering (KI-ING) | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (Ü) (1 SWS) Vorlesung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (V) (2 SWS) | 2,5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. Patric Müller | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | PD Dr. Patric Müller | |
| 5 | Inhalt | <p>Die Vorlesungen und Übungen vermitteln ausgewählte Algorithmen aus den Bereichen maschinelles Lernen (ML) und künstliche Intelligenz (KI) auf Grundlagenniveau und illustrieren diese anhand von relevanten Anwendungsbeispielen. Besprochen werden unter anderem die folgenden Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare und logistische Regression • Regularisierung • Neuronale Netze • Support Vector Machines • Clustering • Dimensionsreduktion • Anomaly Detection • Reinforcement Learning | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studentinnen und Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen, was sich hinter den Schlagworten KI und ML verbirgt • verstehen wichtige Algorithmen aus den Bereichen KI und ML und können diese in Ihrer einfachsten Form selbst implementieren • kennen typische, im Bereich der Verfahrenstechnik relevante Anwendungsbeispiele von KI und ML • verstehen a) was KI und ML leisten kann und b) wo KI und ML im eigenen Fachbereich angewendet werden können • sind fähig, sich speziellere KI- und ML-Algorithmen und Anwendungen eigenständig zu erschließen • sind in der Lage die hochaktuellen Themen KI und ML mit solidem Hintergrundwissen zu diskutieren und zu bewerten • kennen einige für KI und ML wichtige Software-Tools (z.B. Python und Tensorflow) und können damit einfache Aufgaben bearbeiten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|--|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (90 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Hastie, Tibshirani, Friedman, The elements of statistical learning • Wolfgang Ertel, Grundkurs künstliche Intelligenz • Kelleher, MacNamee, D'Arcy, Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies - Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning • Aurelien Geron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44790 | Partikelbasierte Strömungsmechanik Particle-based fluid mechanics | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-V) (2 SWS) Übung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-UE) (1 SWS) | - - |
| 3 | Lehrende | PD Dr. Patric Müller | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Gegenüberstellung von partikelbasierten und gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics • Comparison of particle-based and grid-based methods in fluid mechanics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Vor- und Nachteile partikelbasierter Verfahren im Vergleich zu gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik. • kennen die einzelnen Algorithmen, die hinter den besprochenen Methoden stehen und können Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Methoden darlegen. • kennen die Implementierung der einzelnen Methoden vor dem Hintergrund einer Anwendung auf Hochleistungsrechnern. • kennen die Stärken und Schwächen der besprochenen Methoden und können für verschiedene Situationen die geeignete Methode auswählen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Programmieren Grundlagen, Strömungsmechanik Grundlagen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|--|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | G.A. Bird, Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows G. Gompper et al., Multi-Particle Collision Dynamics: A Particle-Based Mesoscale Simulation Approach to the Hydrodynamics of Complex Fluids E.-S. Lee et al., Comparisons of weakly compressible and truly incompressible algorithms for the SPH mesh free particle method. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 46100 | Scannen und Drucken in 3D Scanning and printing in 3D | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | PD Dr. Patric Müller |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> - Stereo-Imaging - Scannen dreidimensionaler Objekte - Computer-Tomographie und verwandte Techniken - 2D Darstellung dreidimensionaler Datensätze - 3D Bildverarbeitung - 3D Druck-Verfahren - 3D Projektion und Darstellung - Darstellung wissenschaftlicher Daten mittels "Virtueller Realität (VR) |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beherrschen die physikalischen und technischen Grundlagen zur Aufnahme dreidimensionaler Bilder mittels Stereokameraverfahren, 3D Scannern sowie Computer-Tomographie. - können dreidimensionale Datensätze erfassen, numerisch bearbeiten und wissenschaftlich darstellen. - gehen mit gängigen 3D Druckverfahren sicher um und implementieren diese als wissenschaftliches Werkzeug. - setzen mathematisch/physikalische Konzepte dreidimensionaler Darstellung mittels 3D Projektions- und Display-Verfahren sowie VR-Techniken um. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Matlab-Grundlagen dringend empfohlen! |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Mehrfachantwort-Multiplechoice-Verfahren, schriftlich 90 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">- Gregor Honsel, Rapid Manufacturing- Lee Goldmann, Principles of CT and CT Technology- Okoshi, Three-Dimensional Imaging Techniques |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42936 | Self-organisation processes Self-organization processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-Organisation Processes (Exercise) (3 SWS) | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Giulia Magnabosco | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Michael Engel | |
| 5 | Inhalt | <p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials • gain insight into current research in the field of the lecture |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. • Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. • Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. • John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. • Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 43700 | Transportprozesse Transport processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Transportvorgänge: Wärme-, Stoff-, und Impulsübertragung • Auf Basis der kinetischen Gastheorie werden Gleichungen zur Beschreibung von Transportvorgängen (allgemeine Transportgleichung, Fourier'sches Gesetz, Fick'sche Gesetze,) hergeleitet und für in der Technik typischen Geometrien und Randbedingungen angewandt • Herleitung von Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellung • Aufbereitung von Problemstellungen zur Lösung mit Rechnerunterstützung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefende Kenntnisse in der Impuls-, Wärme, und Stoffübertragung • können Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellungen eigenständig herleiten • bereiten Aufgabenstellung zur Lösung am Rechner z.B. mit Hilfe von MatLab auf • erarbeiten projektbezogener Aufgaben am Beispiel von Miniprojekten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) variabel: mündlich oder schriftlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45211 | Turbulence I Physics of turbulence and turbulence modelling I | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Turbulence I (3 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |
| 5 | Inhalt | <p>In this lecture, practical methods to compute and analyse general turbulent flows are introduced. The starting point is the Navier-Stokes equations, which are formally derived, and averaged in time. The new terms, arising from the averaging operation, are interpreted physically, and different modelling approaches (“turbulence modelling”) are derived, discussed and analysed. The application of the various turbulence models in specific cases such as boundary layers, free jets are discussed in detail.</p> <p>In addition to the modelling, also physical aspects of turbulence are discussed, with specific focus on turbulent boundary layers. Different scaling laws for the mean and fluctuating profiles are introduced, and the effect of roughness is quantified.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Can compute general turbulent flows • Can derive relevant equations and perform time averages • May interpret the additional terms due to averaging • Are able to use the discussed turbulence models in practical situations • Are familiar with the near-wall behaviour of turbulence and can estimate common quantities such as skin friction and boundary layer thickness • Can conceptualise the effect of roughness in a turbulent boundary layer | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|---|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Pope, S.: Turbulence, CUP, 2000 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42915 | Process simulation | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Klausur/written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45280 | Industrielles Produkt-Design Industrial product design | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Jens Uhlemann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Strategie im Produktdesign • Prozessdesign • Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, Kristallinen Materialien, Pulvern, Granulaten und festen Formen sowie neuen Produkten | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen allgemeine Strategie im Produktdesign • sind mit Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, kristallinen Materialien, sowie Pulvern, Granulaten und festen Formen vertraut • sind fähig, auch neue Produkte zu gestalten • können komplexe Aufgabenstellungen selbständig und zielorientiert bearbeiten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) benotete mündliche Prüfung 30 min | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Prüfungsnote entspricht Modulnote | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Cussler, E.L., Moggridge, G.D., Chemical Product Design, Cambridge University Press, Cambridge 2011 • Bröckel, U., Meier, W., Wagner, G., Product Design and Engineering Best Practices, Wiley 2007 • Pahl, G., Beitz, W., Konstruktionslehre Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. 7. Aufl., Springer 2007 | |

- Rähse, W., Chemischer Produktdesign, Springer, 2007

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45370 | Produktanalyse Product analysis | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Johannes Walter | |
| 5 | Inhalt | <p>The module introduces modern (optical) techniques for characterization of disperse systems in chemical engineering and materials science. The participants will learn general principles as well as where, when and on which time scale information on materials properties can be gained by the discussed methods. For disperse systems the latter can be for example particle size, particle shape, materials composition, electronic properties and surface chemistry as well as surface charge.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Materials Properties and Classification • Sampling, Error Sources and their Analysis • Definition and Determination of Particle Distribution, Size and Shape • Principles Optics and Diffraction I • Principles Optics and Diffraction II • Diffraction, Rayleigh-, Mie scattering • Static and Dynamic Light scattering • X-Ray Scattering and Applications • Zetapotential and its measurement with optical methods • Analytical Ultra-Centrifugation with Multi-Wavelength Optics • Nonlinear Optics at Interfaces and its Application • Color and its Measurement: UV-Vis and Fluorescence Spectroscopy • Infrared and Raman Spectroscopy including Surface-Enhanced Techniques • Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) • Scanning Probe Microscopy and Electron Microscopy | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <ul style="list-style-type: none"> • The participants will learn about the fundamentals of light-matter interactions and acquire the necessary skills to understand the working principles of the discussed experimental methods. • The participants will learn which material property is accessible by the discussed methods for product analysis as well as where and when each method can be applied. • The participants will learn on how to judge the results of an individual measurement technique and will learn about its inherent boundaries (e.g. resolution etc.) • The participants will learn where a combination of several techniques is more promising. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |

| | | |
|----|--|---|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) benotete mündliche Prüfung 30 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Prüfungsnote entspricht Modulnote |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Principles of physics extended (9. ed., internat. student version); Authors: David Halliday, Robert Resnik, Jearl Walker; Wiley 2011 • Springer Handbook of Materials Measurement Methods; Authors: Horst Czichos, T. Saito, Smith Leslie; Springer 2006 (electronic access within FAU) • Nonlinear Optics; Author: Robert W. Boyd; Academic Press 2008 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45231 | Rheologie / Rheometrie Rheology/Rheometry | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem | |
| 5 | Inhalt | <p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluidodynamik der Biotechnologie. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) mündlich, 30 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008) |

- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45375 | Polymer Science and Processing Polymer science and processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Polymer Science and Processing (2 SWS) Vorlesung: Polymer Science and Processing (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to polymer science with a broad focus on: Synthesis, characterization and processing of polymeric materials; Structure-property relationships at the molecular level, in the liquid and melt state and in the solid.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to macromolecules: definition of terms, special features of polymers, polymerization reactions, polymer architectures, Classifications of polymeric materials • Polymer synthesis: chain and step growth, living Polymerizations, catalytic polymerizations, copolymerizations • Characterizations: determination of molecular weights • Properties of polymers in the liquid state: thermodynamics of polymer solutions, conformations • Properties of polymers in the solid state: phase transitions, amorphous materials, semi-crystalline materials, elastomers • Processing of polymers: extrusions, injection molding processes, Additive manufacturing, fiber and film manufacturing • Special polymers and applications of polymeric materials | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn basic structure-property relationships of macromolecules and polymeric materials • are able to derive macroscopic material properties from molecular structures • develop the conceptual ability to adapt macroscopic properties by changing the molecular structure • learn basic skills in the synthesis, characterization and processing of polymer materials • have the ability to select an appropriate polymeric material for a given application • get an insight into current research activities in the field of polymer science | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Koltzenburg, Maskos, Nuyken, Polymere, Springer Spektrum 2014 • R. J. Young, P. A. Lovell, Introduction to Polymers, 3rd Edition. CRC Press 2011 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45045 | Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization Porous materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann | |
| 5 | Inhalt | <p>In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <p>Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Vadrine (Eds.), Wiley-VCH 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45340 | Fluid-Feststoff-Strömungen Solid-liquid two phase flow | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |

| | | |
|----|---|---|
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45350 | Nanotechnology of Disperse Systems Nanotechnology of disperse systems | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Nanotechnology of Disperse Systems (3 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Monica Distaso | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Robin Klupp Taylor | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to nanodisperse systems and their broad fields of application and research • Summer semester only: Parallel lecture blocks (Block 1 (non-MAP) - Optoelectronic properties of nanodisperse systems, Block 2 (MAP) - Synthesis, properties and applications of mesocrystals) • Winter semester only: Optoelectronic properties of nanodisperse systems • Magnetic properties of nanodisperse systems • Ex situ and in situ characterisation of nanoparticles (Optical methods; Electron microscopy; Scanning probe microscopy; Spectroscopy) • Fundamental aspects of the preparation of nanodisperse systems (Thermodynamic fundamentals; Hydrolysis and polycondensation (metal oxides); Redox-reactions (metals); Solvothermal/Hydrothermal synthesis; Control of particle size and morphology) • Synthesis and properties of carbon nanotubes • Industrial methods of nanoparticle synthesis | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>On completion of the lecture course students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identify major applications and research fields of nanodisperse systems • Identify and explain the fundamental theories of nucleation and growth and colloidal stability • Differentiate between different approaches for the preparation of nanodisperse systems • Select metal and metal oxide precursors and oxidizing/reducing agents according to their thermodynamic properties. • Give examples of means to control nanoparticle size, shape and agglomeration state • Distinguish between different characterization tools according to their advantages and disadvantages for the analysis of nanodisperse systems • Identify the influence of particle size on key physical properties • Match physical properties of nanoparticles to current or emergent applications • Plan a presentation in which they compare and appraise recent research activities from the literature | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |

| | | |
|----|--|--|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | in jedem Semester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Nanoparticles and nanotechnology in general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Axelos, M.A. and van de Voorde, M.H. (2017) Nanotechnology in agriculture and food science, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text • Diwald, O. Berger, T. (2021) Metal oxide nanoparticles: Formation, functional properties, and interfaces, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text • Müller, B. and van de Voorde, M. (2017) Nanoscience and Nanotechnology for Human Health, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. Full text • Naitō, M., Yokoyama, T., Hosokawa, K., Nogi, K. (eds) (2018) Nanoparticle technology handbook, Elsevier, Amsterdam. Full text • Natelson, D. (2015) Nanostructures and Nanotechnology, Cambridge University Press, Cambridge. Full text • Sánchez-Domínguez, M. and Rodríguez Abreu, C. (2016) Nanocolloids: A meeting point for scientists and technologists, Elsevier, Amsterdam. Full text • Sharon, M. (ed) (2019) History of nanotechnology: From pre-historic to modern times, Wiley, Hoboken NJ USA. Full text <p>Optical properties of nanoparticles / nanophotonics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bohren, C.F. and Huffman, D.R. (1993 (1998[printing])) Absorption and scattering of light by small particles, Wiley, New York, Chichester. Full text |

- Gaponenko, S. V. Introduction to nanophotonics, 2010, (Full text)
- Pelton, M. and Bryant, G.W. (2013) Introduction to metal-nanoparticle plasmonics, Wiley; Science Wise Publishing, Hoboken, New Jersey. Full text
- Quinten, M. (2011) Optical properties of nanoparticle systems: Mie and beyond, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

Magnetic nanoparticles

- Gubin, S.P. (2009) Magnetic nanoparticles, Wiley-VCH, Weinheim. Full text
- Katz, E. (ed) (2020) Magnetic Nanoparticles, MDPI, Basel. Full text (open access)
- Rivas, J., Kolen'ko, Y.V., Bañobre-López, M. (2016) Magnetic Nanocolloids, in Nanocolloids, Elsevier, pp. 75–129. Full text

Nanoparticle characterisation

- Unger, W., Hodoroaba, V.-D., Shard, A. (2019) Characterization of nanoparticles: Measurement processes for nanoparticles Elsevier, Amsterdam. Full text

Nanoparticle synthesis

- Haumesser, P.-H. (2016) Nucleation and growth of metals: From thin films to nanoparticles, Elsevier, Amsterdam. Full text
- Mohan, S., Oluwafemi, S.O., Kalarikkal, N., Thomas, S. (2018) Synthesis of inorganic nanomaterials: Advances and key technologies, Woodhead Publishing, Oxford. Full text
- Sau, Tapan K, Rogach, Andrey L. Complex-shaped metal nanoparticles: bottom-up syntheses and applications, 2012 Wiley-VCH Full Text
- Thomas, Sabu et al. Colloidal Metal Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Applications, 2020 Elsevier Full Text
- Thota, S. and Crans, D.C. (2018) Metal nanoparticles: Synthesis and applications in pharmaceutical sciences, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42936 | Self-organisation processes Self-organization processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-Organisation Processes (Exercise) (3 SWS) | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Giulia Magnabosco | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Michael Engel | |
| 5 | Inhalt | <p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials gain insight into current research in the field of the lecture |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45335 | Trocknungstechnik Drying technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apperateauslegung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; • können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Mündliche Prüfung (30 Min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|--|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014</p> <p>2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013</p> <p>Gehrmann, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.</p> |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45035 | Adsorption: Fundamentals and Applications Adsorption: Fundamentals and applications | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Matthias Thommes | |
| 5 | Inhalt | 1. Introduction and terminology 2. Gas adsorptions basics and adsorbent materials 3. Physisorption mechanisms 4. Surface area determination 5. Porosity and pore structure analysis of nanoporous materials 5.1 Micropore analysis 5.2 Mesopore analysis 5.3 Macropore analysis : adsorption and liquid intrusion methods 5.4. Characterization of hierarchically structured porous materials 6. High pressure adsorption 7. Surface chemistry effects on adsorption 8. Adsorption and characterization in the liquid phase 9. Adsorption of mixtures 10. Adsorption applications in gas storage and separation | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | The students will achieve a deep understanding of the underlying mechanisms for the adsorption of fluids on powders and nanoporous materials know adsorption-based and complimentary techniques/methodologies for a reliable characterization of adsorbents for applications in separation, heterogeneous catalysis etc. understand the basics of high pressure adsorption and corresponding applications in gas storage know selected, important principles of adsorption-based separation processes | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich Oral examination (30 min.) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |

| | | |
|----|---|--|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42918 | Fuel cells and electrolyzers | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele | |
| 5 | Inhalt | Fuel cell (FC) and electrolysis cell (ECs) <ul style="list-style-type: none"> • Application areas • Thermodynamic boundary conditions • Electrochemical basics • Kinetics • Transport processes • State of the art • Characterisation techniques • Open questions and scientific challenges | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • are able to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry • understand kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions • apply basic knowledge in thermodynamics and general chemistry • are familiar with basic concepts of electrochemical engineering for fuel cells and electrolyzers • can describe thermodynamics, kinetic effects and electrochemical foundations • understand limitations such as kinetic, ohmic or mass transport limitations • have a solid knowledge on the state of the art • know how to experimentally characterize cells • are able to deduce methods to improve cell technologies by analyzing experimental data | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | To succeed in this course, students will need to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry. Understanding of kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions should be familiar from physical chemistry classes. Basic knowledge in thermodynamics and general chemistry is beneficial. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> O'hayre, Ryan; Cha, Suk-Won; Prinz, Fritz B.; Colella, Whitney (2016): Fuel cell fundamentals: John Wiley & Sons. |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45375 | Polymer Science and Processing Polymer science and processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Polymer Science and Processing (2 SWS) Vorlesung: Polymer Science and Processing (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to polymer science with a broad focus on: Synthesis, characterization and processing of polymeric materials; Structure-property relationships at the molecular level, in the liquid and melt state and in the solid.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to macromolecules: definition of terms, special features of polymers, polymerization reactions, polymer architectures, Classifications of polymeric materials • Polymer synthesis: chain and step growth, living Polymerizations, catalytic polymerizations, copolymerizations • Characterizations: determination of molecular weights • Properties of polymers in the liquid state: thermodynamics of polymer solutions, conformations • Properties of polymers in the solid state: phase transitions, amorphous materials, semi-crystalline materials, elastomers • Processing of polymers: extrusions, injection molding processes, Additive manufacturing, fiber and film manufacturing • Special polymers and applications of polymeric materials | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn basic structure-property relationships of macromolecules and polymeric materials • are able to derive macroscopic material properties from molecular structures • develop the conceptual ability to adapt macroscopic properties by changing the molecular structure • learn basic skills in the synthesis, characterization and processing of polymer materials • have the ability to select an appropriate polymeric material for a given application • get an insight into current research activities in the field of polymer science | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Koltzenburg, Maskos, Nuyken, Polymere, Springer Spektrum 2014 • R. J. Young, P. A. Lovell, Introduction to Polymers, 3rd Edition. CRC Press 2011 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45045 | Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization Porous materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann | |
| 5 | Inhalt | <p>In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <p>Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Vadrine (Eds.), Wiley-VCH 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42936 | Self-organisation processes Self-organization processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-Organisation Processes (Exercise) (3 SWS) | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Giulia Magnabosco | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Michael Engel | |
| 5 | Inhalt | <p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials • gain insight into current research in the field of the lecture |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. • Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. • Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. • John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. • Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45335 | Trocknungstechnik Drying technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apparateauslegung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; • können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Mündliche Prüfung (30 Min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|--|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014</p> <p>2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013</p> <p>Gehrmann, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.</p> |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42915 | Process simulation | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Klausur/written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites Required: <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94356 | Process Technologies Process technologies | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Process Technologies (2 SWS) Übung: Process Technologies Exercises (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>The Module "Process Technologies gives an overview on important processes in the chemical process industries. The processes are treated in a holistic approach and the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process are discussed in more detail. In particular, the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design are discussed. The presented processes are selected based on their importance in the fields of raw materials, intermediates and consumer products of the chemical process industries. In the sense of process engineering, apart from the reaction steps, the separation operations are also part of the considerations. The evaluation of the methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability complete the description of the processes. In detail, the following aspects are treated:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raw materials (crude oil, fuels, natural gas, technical gases) • Organic base chemicals (syngas, alkanes, alkenes, aromatics) • Organic intermediates (C1-C4 alcohols, cyclic alcohols, ether, epoxides, organic acids) • Renewable raw materials • Organic end products (surfactants, pigments, polymers) • Inorganic base chemicals and intermediates (sulfuric acid, ammonia, sodium hydroxide) • Inorganic end products (fertilizers, ceramics, glass) • Process development (technologies, economic evaluation) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • know the important processes in the chemical process industries • describe the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process • discuss the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design • evaluate the processes und methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Textbooks and compendia on Technical Chemistry, e.g. <ul style="list-style-type: none"> • Baerns, et al., Technische Chemie, Wiley-VCH • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, Wiley-VCH • Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry |

Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94400 | Strömungsmechanik (Vertiefung) Focus Module: Fluid Mechanics | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionsanalyse und Ähnlichkeitstheorie • schleichende Strömungen • zeitabhängige Strömungen • Potentialströmungen • Grenzschichtströmungen • Turbulenz • kompressible Strömungen <p>Studierende werden angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, strömungsmechanische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Aufbauend auf Kenntnissen reibungsbehafteter Strömungen bietet das Modul eine systematische Vertiefung in wesentliche Bereiche der Strömungsmechanik.</p> <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über einen Überblick über wesentliche Bereiche der Strömungsmechanik und verstehen ihre Bedeutung und Anwendung in der Strömungsmechanik • können die Bedeutung der unterschiedlichen Strömungsbereiche sowohl in der natürlichen Umgebung als auch in ingenieurwissenschaftlichen Problemstellungen nachvollziehen • sind fähig, strömungsmechanische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln • können die erworbenen Fachkenntnisse mit geeigneten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Strömungsmechanik | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Praktikumsleistung schriftlich oder mündlich mündliche Prüfung (30 Min)</p> <p>Studienleistung: Praktikumsleistung, welche in der Regel das Einüben von praktischen Aufgaben, schriftliche Versuchsprotokolle und mündliche oder schriftliche Testate vorsieht</p> | |

| | | |
|----|---|--|
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) schriftlich oder mündlich (100%) Praktikumsleistung (0 %) und mündliche Prüfung (100 %) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • J. H. Spurk, N. Aksel: Strömungslehre: Einführung in die Theorie der Strömungen, 8. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2010 • F. Durst, Grundlagen der Strömungsmechanik - Eine Einführung in die Theorie der Strömungen in Fluiden, Springer, 2006 • P. K. Kundu, Fluid Mechanics, 5th Ed., Academic Press, 2012 • F. M. White, Fluid Mechanics, 7th Rev. Ed., McGraw Hill, 2011 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 43110 | Angewandte Thermofluiddynamik Applied thermo-fluid dynamics | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | |
|---|----------------------------------|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Vojislav Jovicic |
| 5 | Inhalt | <p>Although there are no special pre-requirements for this course, due to the nature of the topic and selected examples, course is more suitable for students with basic background in thermodynamics and fluid mechanics followed by higher interests in topics related to energy, efficiency, combustion systems, energy transformation, boilers and heating systems, pollutant reduction, etc. Goal of the course is to explain how some basic chemical, thermodynamical and fluid mechanical phenomena are used in engineering for practical conventional and state-of-art applications. As an example, course follows a life cycle of single oil droplet starting with its extraction from the earth and ending in the combustion chamber of household heating system. By following oil droplet on its way to the final use, course is introducing different energy transformations and explains different physical phenomena and technical solutions used in each phase of an oil droplet life cycle. In this way, course discusses topics like:</p> <ul style="list-style-type: none"> • world-wide and local trends in energy production, • production of different fractions of liquid fossil fuels, • spray formation mechanisms and applied technical solutions, • evaporation process and novel evaporation techniques, • conventional and novel combustion technologies, • environmental impact and pollutant emissions, • household heating systems and its components, etc. <p>Within the course, principles of operations for different parts of conventional household heating systems are explained including related basic physical phenomena. Apart from conventional systems, students are introduced to some state-of-art solutions like cool-flame or combustion within porous inert media. The lectures are followed by exercises and practical laboratory demonstrations.</p> |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students are instructed</p> <ul style="list-style-type: none"> • to improve their knowledge on world-wide and local energy trends, • to get overview of the complexity of energy efficiency, low pollutant use of fossil fuels today, • to learn more about some practical use of basic chemical, thermodynamical and fluid mechanical phenomena, |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • to get insight in some state-of-art concepts related to efficient use of gas/liquid fossil fuels, • to experience practical demonstrations of different conventional and novel combustion techniques and learn about their advantages and disadvantages. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Cengel and Boles: Thermodynamics: An Engineering Approach. McGraw-Hill • Dibble: Verbrennung Physikalisch-Chemische Grundlagen, Modellierung und Simulation, Experimente, Schadstoffentstehung. Springer • Kenneth K. Kuo: Principles of Combustion. John Wiley & Sons, Inc. • Howell, Hall and Ellzey: Combustion of Hydrocarbon Fuels within Porous Inert Media. Elsevier • Baukal: Industrial Burners - Handbook. CRC Press |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45291 | Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) Applied thermo-fluid dynamics (Power train systems) | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Exkursion: Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) Exkursion (1 SWS) | 1 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechanik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien | |

| | | |
|----|--|---|
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur, schriftlich 120min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) |

- Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988)
- Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009)
- Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015)
- Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012)
- Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015)
- Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018)
- O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016)
- Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013)
- Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013)
- Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45400 | Digitale Bildverarbeitung Digital image processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <p>Digitale Bildverarbeitung spielt eine immer größere Rolle bei der Durchführung und Auswertung von Messungen in Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung.</p> <p>Das Modul vermittelt grundlegende und weiterführende Kenntnisse und Techniken zur selbständigen Lösung häufiger Problemstellungen bei der optischen Datennahme und -auswertung.</p> <p>Themen: Licht, Lichtquellen, Kameras, Optik, Aufnahmetechniken, Detektoren, Aberrationen, Digitale Bildtypen, Speicherformate, Abtasttheorem, Kompression, Filter, Rauschen, Kalibrierung, Fourier Transformation, Bildwiederherstellung, Korrelation, PIV, Tracking, Farbbilder, Wavelets, Morphologie, Segmentierung, Repräsentation, Abstraktion, Objekterkennung.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden können selbstständig optische Daten aufnehmen und auswerten. Sie verstehen das Konzept der zugrundeliegenden Methoden.</p> <p>Unter anderem beherrschen und verwenden Sie Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur selbstständigen Aufnahme und Verarbeitung digitaler Bilder • zur Filterung von Bildern im Orts- und Fourierraum • zur Segmentierung von Bildern • zur Objekterkennung und Klassifikation von Objekten • zur Objektverfolgung (PIV) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---------|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45340 | Fluid-Feststoff-Strömungen Solid-liquid two phase flow | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |

| | | |
|----|---|---|
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44790 | Partikelbasierte Strömungsmechanik Particle-based fluid mechanics | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-V) (2 SWS) Übung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-UE) (1 SWS) | - - |
| 3 | Lehrende | PD Dr. Patric Müller | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Gegenüberstellung von partikelbasierten und gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics • Comparison of particle-based and grid-based methods in fluid mechanics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Vor- und Nachteile partikelbasierter Verfahren im Vergleich zu gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik. • kennen die einzelnen Algorithmen, die hinter den besprochenen Methoden stehen und können Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Methoden darlegen. • kennen die Implementierung der einzelnen Methoden vor dem Hintergrund einer Anwendung auf Hochleistungsrechnern. • kennen die Stärken und Schwächen der besprochenen Methoden und können für verschiedene Situationen die geeignete Methode auswählen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Programmieren Grundlagen, Strömungsmechanik Grundlagen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|--|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | G.A. Bird, Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows G. Gompper et al., Multi-Particle Collision Dynamics: A Particle-Based Mesoscale Simulation Approach to the Hydrodynamics of Complex Fluids E.-S. Lee et al., Comparisons of weakly compressible and truly incompressible algorithms for the SPH mesh free particle method. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45231 | Rheologie / Rheometrie Rheology/Rheometry | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem | |
| 5 | Inhalt | <p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheoptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluidodynamik der Biotechnologie. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) mündlich, 30 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008) |

- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45211 | Turbulence I Physics of turbulence and turbulence modelling I | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Turbulence I (3 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |
| 5 | Inhalt | <p>In this lecture, practical methods to compute and analyse general turbulent flows are introduced. The starting point is the Navier-Stokes equations, which are formally derived, and averaged in time. The new terms, arising from the averaging operation, are interpreted physically, and different modelling approaches (“turbulence modelling”) are derived, discussed and analysed. The application of the various turbulence models in specific cases such as boundary layers, free jets are discussed in detail.</p> <p>In addition to the modelling, also physical aspects of turbulence are discussed, with specific focus on turbulent boundary layers. Different scaling laws for the mean and fluctuating profiles are introduced, and the effect of roughness is quantified.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Can compute general turbulent flows • Can derive relevant equations and perform time averages • May interpret the additional terms due to averaging • Are able to use the discussed turbulence models in practical situations • Are familiar with the near-wall behaviour of turbulence and can estimate common quantities such as skin friction and boundary layer thickness • Can conceptualise the effect of roughness in a turbulent boundary layer | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|---|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Pope, S.: Turbulence, CUP, 2000 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42917 | Clean combustion technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Clean Combustion Technology (2 SWS) Übung: Exercises in Clean Combustion Technology (2 SWS) | 2,5 ECTS 2,5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Florian Bauer Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | Introduction to combustion technology: fundamentals, laminar flames, turbulent flames, combustion modeling , pollutant formation, application. Introduction to numerical simulation of flows with combustion. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students will...</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain in-depth technical and methodological knowledge in combustion technology, combustion modeling, pollutant formation and engineering applications • are able to characterize different flame types and evaluate technical applications with respect to efficiency and pollutants • can describe global reaction equations as well as simple flames with thermodynamic conservation equations • are familiar with the interdisciplinary approach at the interface of fluid mechanics, thermodynamics and reactive flows • have an understanding of methods of experimental and numerical combustion analysis • are capable of entering university as well as industrial research and development in current topics of energy engineering • are familiar with the development in the field of applicative and engineered combustion systems | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge of thermodynamics and fluid mechanics is recommended. Also suitable for students in other disciplines (chemistry, physics, mathematics, mechanical engineering, mechatronics, computational engineering). | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (90 Minuten) Written exam with a combination of multiple-choice and open questions | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|--|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Verbrennung", 3. Auflage, Springer-Verlag, 2001 • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Combustion", 4th Edition, Springer-Verlag, 2006 • Joos, F. "Technische Verbrennung", Springer-Verlag, 2006 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42935 | Optical diagnostics in energy and process engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Franz Huber Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Inelastic (Raman) scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption spectroscopy (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Biological Engineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Variabel</p> <p>„Die Prüfung richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und umfasst entweder eine mündliche Prüfung von 30 min oder eine Klausur von 90 min Dauer. Die Entscheidung für eine Prüfungsform wird in Semestern, in denen die Lehrveranstaltungen stattfinden, spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn in der Lehrveranstaltung und in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben. In Semestern, in denen keine Lehrveranstaltungen stattfinden, wird die Prüfungsform spätestens zwei Monate vor der Wiederholungsprüfung in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben.“</p> <p>“The examination depends on the didactic character of the module and comprises either an oral examination of 30 minutes or a written examination of 90 minutes. In semesters in which the courses take place, the decision on the type of examination will be announced in the course and in the StudOn group no later than two weeks after the start of lectures. In semesters in which no courses take place, the type of examination will be announced in the StudOn group no later than two months before the re-examination.”</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Lecture Slides |

- Hanson, R.K., Spectroscopy and Optical Diagnostics for Gases, Springer, 2016
- Bräuer, A: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44960 | Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller Dr.-Ing. Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion | |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state |
| 6 | <p>Lernziele und Kompetenzen</p> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, • kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe, • sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken, • verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten und • wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus. <p>*Education objectives and competences*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties, • use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit, • know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems, • are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods, |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties, select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung Basic knowledge on engineering thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich mündliche Prüfung zum Stoff von Vorlesung und Übung oral examination based on the contents of lectures and exercises |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsoakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997 G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999 |

- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 43700 | Transportprozesse Transport processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Transportvorgänge: Wärme-, Stoff-, und Impulsübertragung • Auf Basis der kinetischen Gastheorie werden Gleichungen zur Beschreibung von Transportvorgängen (allgemeine Transportgleichung, Fourier'sches Gesetz, Fick'sche Gesetze,) hergeleitet und für in der Technik typischen Geometrien und Randbedingungen angewandt • Herleitung von Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellung • Aufbereitung von Problemstellungen zur Lösung mit Rechnerunterstützung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefende Kenntnisse in der Impuls-, Wärme, und Stoffübertragung • können Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellungen eigenständig herleiten • bereiten Aufgabenstellung zur Lösung am Rechner z.B. mit Hilfe von MatLab auf • erarbeiten projektbezogener Aufgaben am Beispiel von Miniprojekten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) variabel: mündlich oder schriftlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45291 | Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) Applied thermo-fluid dynamics (Power train systems) | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Exkursion: Angewandte Thermofluiddynamik (Fahrzeugantriebe) Exkursion (1 SWS) | 1 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <p>Motorische Verbrennung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Funktionsweise von Hubkolbenmotoren im Vergleich zu anderen Wärmekraftmaschinen, 2- und 4-Taktverfahren, Otto- und Dieselmotoren, Regelungsverfahren, Marktsituation • Bauformen von Verbrennungsmotoren • Kraftstoffe und ihre Eigenschaften, Kraftstoff-Kenngrößen in der motorischen Verbrennung • Kenngrößen von Verbrennungsmotoren • Konstruktionselemente: Zylinderblock, Zylinderkopf, Kurbeltrieb, Kolbenbaugruppe, Ventiltrieb, Steuertrieb • Motormechanik: Mechanische Belastungen am Beispiel des Massenausgleichs in Mehrzylindermotoren und des Ventiltriebs • Thermodynamik des Verbrennungsmotors: Vergleichsprozessrechnung offene und geschlossene Vergleichsprozesse • Ladungswechsel, Kenngrößen des Ladungswechsels, Aufladung von Verbrennungsmotoren: Turbo- und mechanische Aufladung • Einspritz- und Zündsysteme, Steuerung- und Regelung von Verbrennungsmotoren • Gemischbildung / Verbrennung / Schadstoffe in Otto- und Dieselmotoren, gesetzl. vorgeschriebene Prüfzyklen <p>Brennstoffzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Aufbau einer Brennstoffzelle • Thermodynamik der Brennstoffzelle • Einordnung Brennstoffzellentechnologie in Transport und Verkehr • Verschiedene Arten von Brennstoffzellen • Alterungsvorgänge von Brennstoffzellen • Fahrzeugperipherie von Brennstoffzellen • Zukünftige Brennstoffzellensysteme <p>Batterieelektrische Systeme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterietechnik: Grundlagen • Ladeverhalten von Li-Ionen-Akkus • Alterungsvorgänge von Li-Ionen-Akkus • BEV – Aufbau bis Stand der Technik • Zukunftstechnologien | |

| | | |
|----|--|---|
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen, Begriffe und Kenngrößen der Motoren, Brennstoffzellen- und Akkumulatortechnik • Kennen Bauformen und Prozessführung von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen • Kennen die Bauteile/Baugruppen, Bauformen und wesentliche Berechnungsverfahren von Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (inkl. Peripherie) und batterieelektrischen Systemen und können diese anwenden und weiterentwickeln • Können Zusammenhänge zwischen Kraftstoffeigenschaften und motorischen Brennverfahren und Maschinenausführungen herstellen und weiterentwickeln • Können Wirkungsgrade unterschiedlicher Antriebssysteme anhand von (Vergleichs#)Prozessrechnungen analysieren, bewerten und weiterentwickeln • Kennen Ladungswechselsysteme für Otto- und Dieselmotoren, deren Eigenschaften und Kenngrößen, kennen Auflade-Systeme und grundlegende Berechnungen von Auflade-Systemen • Kennen typische Gemischbildungs- und Zündsysteme, Regelverfahren von Verbrennungsmotoren • Kennen Peripherie- und Versorgungssysteme von Brennstoffzellen und batterieelektrischen Systemen und können grundlegende charakteristische Größen berechnen |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur, schriftlich 120min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Merker, Teichmann(Hrsg.): Grundlagen Verbrennungsmotoren, Springer (2018) • van Basshuysen, Schäfer (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor, Springer (2017) |

- Heywood: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill (1988)
- Pischinger, Klell, Sams: Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer (2009)
- Ganesan: Internal Combustion Engines, McGraw-Hill (2015)
- Reif (Hrsg.): Dieselmotor-Management, Springer (2012)
- Reif (Hrsg.): Ottomotor-Management im Überblick, Springer (2015)
- Tschöke, Mollenhauer, Maier (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren, Springer (2018)
- O'Hayre, Cha, Colella, Prinz: Fuel Cell Fundamentals, Wiley & Sons (2016)
- Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Springer (2013)
- Barbir: PEM Fuel Cells, Elsevier (2013)
- Kampker, Vallée, Schnettler: Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer (2018)

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45310 | Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik Thermal power plants and power plant technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |
| 5 | Inhalt | <p>1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen der Stromerzeugung 2. Thermodynamische Grundlagen der Kraftwerkstechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dampfkraftprozesse, • Gasturbinenprozesse • Gasmotorenprozesse • Kombiprozesse <p>4. Kohlekraftwerke mit Carbon Capture and Sequestration (CCS) 5. Dampfkraftprozesse für Erneuerbare Energien 6. Kernkraftwerke 7. Organic Rankine Cycles für die Abwärmenutzung 8. Gasturbinen- und hocheffiziente GUD-Kraftwerke 9. Stationäre Gasmotoren für die Kraft-Wärme-Kopplung 10. Carnot-Batterien</p> <p>Zur Vorlesung gehört eine Übung, in der mit der Programmiersprache Python einfache Kraftwerksprozesse programmiert werden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solarthermische Kraftwerke • Geothermische Kraftwerke • Biomasse-Kraftwerke | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen Technologien und Komponenten der Kraftwerkstechnik • haben einen grundlegenden Überblick über energiewirtschaftliche Fragen der Kraftwerkstechnik • analysieren Energieumwandlungsprozesse zur Erzeugung von elektrischer Energie in thermischen Kraftwerken • können technische Realisierung von Kraftwerken nachvollziehen und Vorschläge zur Optimierung erarbeiten und bewerten • wenden thermodynamische Prinzipien zur Prozessoptimierung an und können diese Methoden zur Prozessoptimierung weiterentwickeln • können thermodynamische Kreisprozesse mit der Programmiersprache Python berechnen | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfehlung: Vorlesung Technische Thermodynamik | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur, Dauer: 60 Min. |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | J. Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag K. Strauß, Kraftwerkstechnik, Springer Verlag H. Effenberger, Dampferzeugung, Springer-Verlag H. Spliethoff, Power generation from Solid Fuels, Springer-Verlag J. Karl, Klimawende, neobooks |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites Required: <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45035 | Adsorption: Fundamentals and Applications Adsorption: Fundamentals and applications | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Matthias Thommes | |
| 5 | Inhalt | 1. Introduction and terminology 2. Gas adsorptions basics and adsorbent materials 3. Physisorption mechanisms 4. Surface area determination 5. Porosity and pore structure analysis of nanoporous materials 5.1 Micropore analysis 5.2 Mesopore analysis 5.3 Macropore analysis : adsorption and liquid intrusion methods 5.4. Characterization of hierarchically structured porous materials 6. High pressure adsorption 7. Surface chemistry effects on adsorption 8. Adsorption and characterization in the liquid phase 9. Adsorption of mixtures 10. Adsorption applications in gas storage and separation | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | The students will achieve a deep understanding of the underlying mechanisms for the adsorption of fluids on powders and nanoporous materials know adsorption-based and complimentary techniques/methodologies for a reliable characterization of adsorbents for applications in separation, heterogeneous catalysis etc. understand the basics of high pressure adsorption and corresponding applications in gas storage know selected, important principles of adsorption-based separation processes | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich Oral examination (30 min.) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |

| | | |
|----|---|--|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 47810 | Chemische Energiespeicherung Energy storage chemical | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Detlef Freitag | |
| 5 | Inhalt | <p>Inhaltliche Schwerpunktthemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische Grundlagen chemischer Energiespeicherung • Überblick über Energiespeichertechnologien (auch nicht chemisch) • Biogene Energieträger • Elektrochemische Grundlagen und Anwendungen für elektrochemische Energiespeicherung • Wasserstoffspeichertechnologien (Kompression, Verflüssigung, Adsorption) • Wasserstoffspeicherung durch chemische Bindung an Trägerstoff • Energiespeicherung durch Erzeugung von Brennstoffen • Wärmespeicherung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefte Fach- und Methodenkompetenzen im Bereich der chemischen Energiespeicherung • sind mit den neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der chemischen Energiespeicherung vertraut • können unterschiedliche Energiespeicher- und Energietransportkonzepte im Sinne einer Prozesskettenanalyse und unter Betrachtung der verfahrenstechnischen Aspekte miteinander vergleichen und bewerten • sind zur Beurteilung und Diskussion thermodynamischer und kinetischer Aspekte chemischer Energiespeicherkonzepte befähigt • sind in der Lage Potentiale, Energiedichten und Wirkungsgrade neuer Speichertechnologien und ansätze zu ermitteln • sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaften und Chemie vertraut • sind zum Einstieg in die industrielle Forschung und Entwicklung auf einem der aktuellsten Themengebieten im Bereich der "Energiewende" befähigt | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) Klausur (120 Min) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Huggins, R.A., Energy Storage, Springer, 2010 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45071 | Hochdrucktrenntechnik High-pressure separation technologies | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Hochdrucktrenntechnik (VL) (2 SWS) Übung: Hochdrucktrenntechnik (UE) (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Detlef Freitag Dr.-Ing. Martin Drescher Prof. Dr. Matthias Thommes | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Martin Drescher | |
| 5 | Inhalt | <p>Vorstellung der vielfältigen Anwendungsgebiete und Einsatzmöglichkeiten hoch verdichteter Gase, angefangen von klassischen Feldern, wie der Hochdruck- Extraktion und Polymerisation, bis hin zu neueren Anwendungen und aktuellen Forschungsarbeiten, wie beispielsweise der Partikelerzeugung und Imprägnierung unter Hochdruck. Zum Verstehen der angewandten Techniken werden alle notwendigen Grundlagen auf dem Gebiet der nahe- und überkritischen Fluide erörtert. Anhand konkreter Stoffbeispiele aus Forschung und Anwendung werden die Vorteile der Technologien hervorgehoben.</p> <p>Gliederung:</p> <p>Grundlagen (nahe- und überkritische Fluide, Zustandsänderungen und -diagramme)</p> <p>CO₂, Phasengleichgewichte</p> <p>Hochdruck- Extraktion von Feststoffen und Flüssigkeiten (z.B. Entcoffeinierung von Kaffee und Tee, Hopfen- und Gewürzextraktion)</p> <p>Verfahren zur Druckbehandlung von Materialien (Entwesung, Imprägnierung, Färbung)</p> <p>Sicherheit, Kosten</p> <p>Hochdruckpolymerisation (Polyethylen)</p> <p>Hochdruckkristallisation (Diamantsynthese, Gashydrate)</p> <p>Analytische Verfahren</p> <p>Pulverherstellung (PGSS, GAS, SAS)</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> haben umfassende Kenntnisse im Bereich der nahe- und überkritischen Fluide, Phasengleichgewichte bei hohen Drücken und deren Anwendung in verfahrenstechnischen Anlagen zur Stofftrennung, der chem. Synthese bzw. der Behandlung von Materialien unter Hochdruck. kennen die wichtigsten kommerziell betriebenen Anwendungen wie z.B. die Hochdruck-extraktion (z.B. Hopfen) und Polymerisation (Polyethylen) im Detail. sind in der Lage verfahrenstechnische Konzepte für Aufgaben der Stofftrennung bzw. Produktkonfektionierung zu entwickeln, geeignete Prozessparameter (Druck, Temperatur) auszuwählen und die erforderlichen Berechnungen (Stoffbilanzen, Reaktionsausbeuten) durchzuführen. | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> kennen das hohe Anwendungspotential überkritischer Fluide in Zukunftstechnologien wie z.B. bei den Partikelsyntheseverfahren und können entsprechende Prozesse konzipieren. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in Physikalischer Chemie und Chemischer Thermodynamik |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Vertiefend neben dem vorlesungsbegleitendem Material:</p> <p>G. Brunner, Gas Extraction, Steinkopff, Darmstadt, Springer New York, 1994</p> <p>E. Stahl, K.-W. Quirin, D. Gerard, Verdichtete Gase zur Extraktion und Raffination, Springer Verlag 1987</p> <p>M.B. King, T.R. Bott, Extraction of Natural Products using Near- Critical Solvents, Chapmann & Hall 1993</p> <p>R. Eggers (Hrsg), Industrial high pressure applications, Wiley-VCH, Weinheim 2012</p> |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45081 | Membranverfahren Membrane processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung zu Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (1 SWS) Vorlesung: Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Jan-Christoph Domagala Johannes Wieczorek Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |

| | | | |
|---|-------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |
| 5 | Inhalt | <p>Membranverfahren finden vielfältige Anwendung in der chemischen, biotechnologischen und medizinischen Technik, wie z.B. in der Meerwasserentsalzung und Abwasseraufbereitung, für die Trennung organischer Stoffgemische und Produktion von Spezialchemikalien, bei der Aufbereitung von Gemischen aus biotechnologischen Produktionen oder der therapeutischen Blutreinigung.</p> <p>Membranverfahren zeichnen sich dabei durch hohe Leistungsfähigkeit, Selektivität und Zuverlässigkeit aus. Daneben sind sie in hohem Maße "kompatibel" zu anderen Trenn- und Reaktionsprozessen, so dass sie gezielt zu deren Intensivierung in hybriden und reaktiven Trennverfahren eingesetzt werden können.</p> <p>In Rahmen des Moduls werden die technisch relevanten Membrantrennverfahren Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse, Pervaporation, Gas-Trennung und Elektrodialyse behandelt sowie neuere Entwicklungen vorgestellt. Die Membranverfahren werden ausgehend von ihren physikalisch-chemischen Grundlagen bis hin zur Auslegung technischer Prozesslösungen besprochen, sowie technisch bereits realisierte Verfahren analysiert. Neben typischen Anwendungen wie z.B. der Wasseraufbereitung werden vorwiegend technische Membranverfahren für chemische und biotechnologische Anwendungen vorgestellt. Es wird dabei die Fähigkeit vermittelt, für gegebene Problemstellungen geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, optimierte Prozessparameter für verschiedene Apparate und Stoffsysteme abzuleiten, sowie eine Bewertung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Mikrofiltration 3. Ultrafiltration 4. Nanofiltration 5. Umkehrosmose 6. Dialyse und künstliche Niere 7. Pervaporation 8. Gaspermeation 9. Elektrodialyse 10. Donnan-Dialyse | |

| | | |
|----|--|--|
| | | 11. Aktuelle Forschungsgebiete |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten Membranverfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen und Prozess-Performance, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und ihre Wirtschaftlichkeit zu bewerten. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in thermischen Trennverfahren, Bioseparations oder Downstream Processing |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> <p>Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Weiterführende Literatur bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R.W. Baker, Membrane Technology and Applications, Wiley, 2004 (besonders empfohlen) • T. Melin, R. Rautenbach, Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer, 2007 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42935 | Optical diagnostics in energy and process engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Franz Huber Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to conventional and novel optical techniques to measure state and process functions in thermodynamical systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of light; properties of molecules; Boltzmann distribution • Geometric optics and optical devices • Lasers (HeNe, Nd:YAG, dye, frequency conversion); continuous wave and pulsed lasers • Photoelectric effect; photodetectors (photomultiplier, photodiode, CCD, CMOS, image intensifier); digital image processing; image noise and resolution • Shadowgraphy and Schlieren techniques (flow and mixing) • Elastic light scattering (Mie scattering, Rayleigh thermometry, nanoparticle size and shape, droplet sizing) • Inelastic (Raman) scattering (species concentration, temperature, diffusion) • Incandescence (thermal radiation, temperature fields, pyrometry, particle sizing) • Velocimetry (flow fields, velocity) • Absorption spectroscopy (temperature, pressure, species, concentration) • Fluorescence and phosphorescence (temperature, species, concentration) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students gain technical and technological skills in the field of optical techniques for the measurement of state and process variables in thermodynamic / energy processes and the investigation of these processes. They</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the state of the art and latest developments in optical measurement techniques applied in thermodynamics / energy processes • can assess the applicability of measurement techniques in different environments • can apply different optical measurement techniques in thermodynamic processes and design experiments • can evaluate data gained from optical measurement techniques and assess the quality of data • know interdisciplinary approaches in the fields of optics, thermodynamics, heat and mass transfer and fluid mechanics | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> are qualified to perform applied and fundamental research and development tasks in industry and at university in the field of optical measurement techniques for thermodynamic / energy processes |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basics in thermodynamics and fluid mechanics. Students of other subjects (Chemical- and Biological Engineering, Mechanical Engineering, Life Science Engineering, Energy Technology, Computational Engineering) can participate. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Variabel</p> <p>„Die Prüfung richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und umfasst entweder eine mündliche Prüfung von 30 min oder eine Klausur von 90 min Dauer. Die Entscheidung für eine Prüfungsform wird in Semestern, in denen die Lehrveranstaltungen stattfinden, spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn in der Lehrveranstaltung und in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben. In Semestern, in denen keine Lehrveranstaltungen stattfinden, wird die Prüfungsform spätestens zwei Monate vor der Wiederholungsprüfung in der StudOn-Gruppe bekannt gegeben.“</p> <p>“The examination depends on the didactic character of the module and comprises either an oral examination of 30 minutes or a written examination of 90 minutes. In semesters in which the courses take place, the decision on the type of examination will be announced in the course and in the StudOn group no later than two weeks after the start of lectures. In semesters in which no courses take place, the type of examination will be announced in the StudOn group no later than two months before the re-examination.”</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Lecture Slides |

- Hanson, R.K., Spectroscopy and Optical Diagnostics for Gases, Springer, 2016
- Bräuer, A: In situ Spectroscopic Techniques at High Pressure, Amsterdam 2015

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 92890 | Technische Chromatographie Technical chromatography | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |
| 5 | Inhalt | <p>Die technische Chromatographie ist ein sehr leistungsfähiges Trennverfahren, das insbesondere für schwierige Trennaufgaben genutzt wird. Sie hat große Bedeutung bei der Produktion von z.B. Feinchemikalien, Pharmazeutika und biotechnologischen Produkten. Chromatographische Prozesse werden periodisch betrieben, was ihre Entwicklung und Auslegung anspruchsvoll macht. Andererseits bieten sie viele Freiheitsgrade, was besonders innovative Verfahrenskonzepte ermöglicht.</p> <p>Die Vorlesung vermittelt eine ingenieurwissenschaftliche Sicht auf die Chromatographie. Behandelt werden die wesentlichen Grundprinzipien und Prozesskonzepte. Der Einfluss physiko-chemischer Vorgänge auf Prozessdynamik und -Performance wird im Rahmen der modellbasierten Auslegung entsprechender Verfahren diskutiert. Wichtige apparative und anwendungsbezogene Aspekte werden anhand relevanter Beispiele erläutert.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Einleitung 2 Grundlegende Prinzipien 3 Prozessdynamik unter idealen Bedingungen 4 Prozessdynamik unter realen Bedingungen 5 Modellierung chromatographischer Prozesse 6 Auslegung und Optimierung chromatographischer Verfahren 7 Innovative Verfahrenskonzepte 8 Anwendungsbereiche der Chromatographie | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten chromatographischen Verfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen, Chromatogrammen und Prozess-Performance, • verstehen grundlegend die nichtlineare Dynamik chromatographischer Prozesse, • kennen gebräuchliche Prozessmodelle und können sie problemabhängig auswählen, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, chromatographische Verfahren konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und zu bewerten. | |

| | | |
|----|--|--|
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Vertiefend neben dem angebotenen vorlesungsbegleitenden Material bspw.: <ul style="list-style-type: none"> • Schmidt-Traub, Schulte, Seidel-Morgenstern (Eds.), Preparative Chromatography of Fine Chemicals and Pharmaceutical Agents (2nd ed), Wiley-VCH, 2012 • Guiochon, Shirazi, Felinger, Katti, Fundamentals of Preparative and Nonlinear Chromatography Academic Press, 2006 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44960 | Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik Thermophysical properties of working materials in process and energy engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (4 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller Dr.-Ing. Tobias Klein Dr.-Ing. Michael Rausch Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Paul Fröba PD Dr. habil. Thomas Manfred Koller | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik • Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung • Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit • Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken • Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften • Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken • Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung • Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen <p>*Content*</p> <ul style="list-style-type: none"> • The importance of thermophysical properties in process and energy engineering • Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc. • Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion | |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases • Correlation and prediction of thermophysical properties • Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques • Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling • Development of thermal and caloric equations of state |
| 6 | <p>Lernziele und Kompetenzen</p> | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut, • verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus, • kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe, • sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken, • verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten und • wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus. <p>*Education objectives and competences*</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are aware of the importance of thermophysical properties in process and energy engineering in the form of equilibrium and transport properties, • use various sources for thermophysical properties (scientific literature, table compilations, databases, correlations, predictions, theoretical and experimental determination) independently and select the respective sources in a use-oriented way considering the resulting effort and benefit, • know the approaches for the correlation and prediction of thermophysical properties as well as for developing equations of state, and are able to transfer these approaches to other systems, • are familiar with experimental methods for the determination of thermophysical properties, in particular with laser-optical methods, |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> understand the basics of the use of molecular modeling for the theoretical determination of thermophysical properties, select working materials with defined thermophysical properties for an optimized design of processes in energy and process engineering. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung Basic knowledge on engineering thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich mündliche Prüfung zum Stoff von Vorlesung und Übung oral examination based on the contents of lectures and exercises |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987 Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987 Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991 R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995 R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997 M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsoakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996 Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996 J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997 G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999 |

- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94356 | Process Technologies Process technologies | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Process Technologies (2 SWS) Übung: Process Technologies Exercises (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>The Module "Process Technologies gives an overview on important processes in the chemical process industries. The processes are treated in a holistic approach and the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process are discussed in more detail. In particular, the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design are discussed. The presented processes are selected based on their importance in the fields of raw materials, intermediates and consumer products of the chemical process industries. In the sense of process engineering, apart from the reaction steps, the separation operations are also part of the considerations. The evaluation of the methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability complete the description of the processes. In detail, the following aspects are treated:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raw materials (crude oil, fuels, natural gas, technical gases) • Organic base chemicals (syngas, alkanes, alkenes, aromatics) • Organic intermediates (C1-C4 alcohols, cyclic alcohols, ether, epoxides, organic acids) • Renewable raw materials • Organic end products (surfactants, pigments, polymers) • Inorganic base chemicals and intermediates (sulfuric acid, ammonia, sodium hydroxide) • Inorganic end products (fertilizers, ceramics, glass) • Process development (technologies, economic evaluation) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • know the important processes in the chemical process industries • describe the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process • discuss the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design • evaluate the processes und methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Textbooks and compendia on Technical Chemistry, e.g. <ul style="list-style-type: none"> • Baerns, et al., Technische Chemie, Wiley-VCH • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, Wiley-VCH • Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45400 | Digitale Bildverarbeitung Digital image processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <p>Digitale Bildverarbeitung spielt eine immer größere Rolle bei der Durchführung und Auswertung von Messungen in Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung.</p> <p>Das Modul vermittelt grundlegende und weiterführende Kenntnisse und Techniken zur selbständigen Lösung häufiger Problemstellungen bei der optischen Datennahme und -auswertung.</p> <p>Themen: Licht, Lichtquellen, Kameras, Optik, Aufnahmetechniken, Detektoren, Aberrationen, Digitale Bildtypen, Speicherformate, Abtasttheorem, Kompression, Filter, Rauschen, Kalibrierung, Fourier Transformation, Bildwiederherstellung, Korrelation, PIV, Tracking, Farbbilder, Wavelets, Morphologie, Segmentierung, Repräsentation, Abstraktion, Objekterkennung.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden können selbstständig optische Daten aufnehmen und auswerten. Sie verstehen das Konzept der zugrundeliegenden Methoden.</p> <p>Unter anderem beherrschen und verwenden Sie Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur selbstständigen Aufnahme und Verarbeitung digitaler Bilder • zur Filterung von Bildern im Orts- und Fourierraum • zur Segmentierung von Bildern • zur Objekterkennung und Klassifikation von Objekten • zur Objektverfolgung (PIV) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |

| | | |
|----|---|---------|
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44650 | Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) Machine learning and artificial intelligence in engineering (KI-ING) | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (Ü) (1 SWS) Vorlesung: Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (V) (2 SWS) | 2,5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | PD Dr. Patric Müller | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | PD Dr. Patric Müller | |
| 5 | Inhalt | <p>Die Vorlesungen und Übungen vermitteln ausgewählte Algorithmen aus den Bereichen maschinelles Lernen (ML) und künstliche Intelligenz (KI) auf Grundlagenniveau und illustrieren diese anhand von relevanten Anwendungsbeispielen. Besprochen werden unter anderem die folgenden Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare und logistische Regression • Regularisierung • Neuronale Netze • Support Vector Machines • Clustering • Dimensionsreduktion • Anomaly Detection • Reinforcement Learning | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studentinnen und Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen, was sich hinter den Schlagworten KI und ML verbirgt • verstehen wichtige Algorithmen aus den Bereichen KI und ML und können diese in Ihrer einfachsten Form selbst implementieren • kennen typische, im Bereich der Verfahrenstechnik relevante Anwendungsbeispiele von KI und ML • verstehen a) was KI und ML leisten kann und b) wo KI und ML im eigenen Fachbereich angewendet werden können • sind fähig, sich speziellere KI- und ML-Algorithmen und Anwendungen eigenständig zu erschließen • sind in der Lage die hochaktuellen Themen KI und ML mit solidem Hintergrundwissen zu diskutieren und zu bewerten • kennen einige für KI und ML wichtige Software-Tools (z.B. Python und Tensorflow) und können damit einfache Aufgaben bearbeiten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|--|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (90 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Hastie, Tibshirani, Friedman, The elements of statistical learning • Wolfgang Ertel, Grundkurs künstliche Intelligenz • Kelleher, MacNamee, D'Arcy, Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies - Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning • Aurelien Geron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 44790 | Partikelbasierte Strömungsmechanik Particle-based fluid mechanics | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-V) (2 SWS) Übung: Partikelbasierte Strömungsmechanik (PSTM-UE) (1 SWS) | - - |
| 3 | Lehrende | PD Dr. Patric Müller | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Gegenüberstellung von partikelbasierten und gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics • Comparison of particle-based and grid-based methods in fluid mechanics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Vor- und Nachteile partikelbasierter Verfahren im Vergleich zu gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik. • kennen die einzelnen Algorithmen, die hinter den besprochenen Methoden stehen und können Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Methoden darlegen. • kennen die Implementierung der einzelnen Methoden vor dem Hintergrund einer Anwendung auf Hochleistungsrechnern. • kennen die Stärken und Schwächen der besprochenen Methoden und können für verschiedene Situationen die geeignete Methode auswählen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Programmieren Grundlagen, Strömungsmechanik Grundlagen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|--|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | G.A. Bird, Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows G. Gompper et al., Multi-Particle Collision Dynamics: A Particle-Based Mesoscale Simulation Approach to the Hydrodynamics of Complex Fluids E.-S. Lee et al., Comparisons of weakly compressible and truly incompressible algorithms for the SPH mesh free particle method. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 46100 | Scannen und Drucken in 3D Scanning and printing in 3D | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | PD Dr. Patric Müller |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> - Stereo-Imaging - Scannen dreidimensionaler Objekte - Computer-Tomographie und verwandte Techniken - 2D Darstellung dreidimensionaler Datensätze - 3D Bildverarbeitung - 3D Druck-Verfahren - 3D Projektion und Darstellung - Darstellung wissenschaftlicher Daten mittels "Virtueller Realität (VR) |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beherrschen die physikalischen und technischen Grundlagen zur Aufnahme dreidimensionaler Bilder mittels Stereokameraverfahren, 3D Scannern sowie Computer-Tomographie. - können dreidimensionale Datensätze erfassen, numerisch bearbeiten und wissenschaftlich darstellen. - gehen mit gängigen 3D Druckverfahren sicher um und implementieren diese als wissenschaftliches Werkzeug. - setzen mathematisch/physikalische Konzepte dreidimensionaler Darstellung mittels 3D Projektions- und Display-Verfahren sowie VR-Techniken um. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Matlab-Grundlagen dringend empfohlen! |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Mehrfachantwort-Multiplechoice-Verfahren, schriftlich 90 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">- Gregor Honsel, Rapid Manufacturing- Lee Goldmann, Principles of CT and CT Technology- Okoshi, Three-Dimensional Imaging Techniques |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42936 | Self-organisation processes Self-organization processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-Organisation Processes (Exercise) (3 SWS) | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Giulia Magnabosco | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Michael Engel | |
| 5 | Inhalt | <p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials • gain insight into current research in the field of the lecture |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. • Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. • Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. • John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. • Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 43700 | Transportprozesse Transport processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Sebastian Rieß Prof. Dr.-Ing. Michael Wensing | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Transportvorgänge: Wärme-, Stoff-, und Impulsübertragung • Auf Basis der kinetischen Gastheorie werden Gleichungen zur Beschreibung von Transportvorgängen (allgemeine Transportgleichung, Fourier'sches Gesetz, Fick'sche Gesetze,) hergeleitet und für in der Technik typischen Geometrien und Randbedingungen angewandt • Herleitung von Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellung • Aufbereitung von Problemstellungen zur Lösung mit Rechnerunterstützung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • haben vertiefende Kenntnisse in der Impuls-, Wärme, und Stoffübertragung • können Gleichungen zur Beschreibung technischer Aufgabenstellungen eigenständig herleiten • bereiten Aufgabenstellung zur Lösung am Rechner z.B. mit Hilfe von MatLab auf • erarbeiten projektbezogener Aufgaben am Beispiel von Miniprojekten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) variabel: mündlich oder schriftlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites Required: <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: | |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45211 | Turbulence I Physics of turbulence and turbulence modelling I | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Turbulence I (3 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | apl. Prof. Dr. Jovan Jovanovic Prof. Dr. Philipp Schlatter | |
| 5 | Inhalt | <p>In this lecture, practical methods to compute and analyse general turbulent flows are introduced. The starting point is the Navier-Stokes equations, which are formally derived, and averaged in time. The new terms, arising from the averaging operation, are interpreted physically, and different modelling approaches (“turbulence modelling”) are derived, discussed and analysed. The application of the various turbulence models in specific cases such as boundary layers, free jets are discussed in detail.</p> <p>In addition to the modelling, also physical aspects of turbulence are discussed, with specific focus on turbulent boundary layers. Different scaling laws for the mean and fluctuating profiles are introduced, and the effect of roughness is quantified.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Can compute general turbulent flows • Can derive relevant equations and perform time averages • May interpret the additional terms due to averaging • Are able to use the discussed turbulence models in practical situations • Are familiar with the near-wall behaviour of turbulence and can estimate common quantities such as skin friction and boundary layer thickness • Can conceptualise the effect of roughness in a turbulent boundary layer | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|---|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Pope, S.: Turbulence, CUP, 2000 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42915 | Process simulation | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Klausur/written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45280 | Industrielles Produkt-Design Industrial product design | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Jens Uhlemann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Strategie im Produktdesign • Prozessdesign • Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, Kristallinen Materialien, Pulvern, Granulaten und festen Formen sowie neuen Produkten | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen allgemeine Strategie im Produktdesign • sind mit Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, kristallinen Materialien, sowie Pulvern, Granulaten und festen Formen vertraut • sind fähig, auch neue Produkte zu gestalten • können komplexe Aufgabenstellungen selbständig und zielorientiert bearbeiten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) benotete mündliche Prüfung 30 min | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Prüfungsnote entspricht Modulnote | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Cussler, E.L., Moggridge, G.D., Chemical Product Design, Cambridge University Press, Cambridge 2011 • Bröckel, U., Meier, W., Wagner, G., Product Design and Engineering Best Practices, Wiley 2007 • Pahl, G., Beitz, W., Konstruktionslehre Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. 7. Aufl., Springer 2007 | |

- Rähse, W., Chemischer Produktdesign, Springer, 2007

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45370 | Produktanalyse Product analysis | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Johannes Walter | |
| 5 | Inhalt | <p>The module introduces modern (optical) techniques for characterization of disperse systems in chemical engineering and materials science. The participants will learn general principles as well as where, when and on which time scale information on materials properties can be gained by the discussed methods. For disperse systems the latter can be for example particle size, particle shape, materials composition, electronic properties and surface chemistry as well as surface charge.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Materials Properties and Classification • Sampling, Error Sources and their Analysis • Definition and Determination of Particle Distribution, Size and Shape • Principles Optics and Diffraction I • Principles Optics and Diffraction II • Diffraction, Rayleigh-, Mie scattering • Static and Dynamic Light scattering • X-Ray Scattering and Applications • Zetapotential and its measurement with optical methods • Analytical Ultra-Centrifugation with Multi-Wavelength Optics • Nonlinear Optics at Interfaces and its Application • Color and its Measurement: UV-Vis and Fluorescence Spectroscopy • Infrared and Raman Spectroscopy including Surface-Enhanced Techniques • Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) • Scanning Probe Microscopy and Electron Microscopy | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <ul style="list-style-type: none"> • The participants will learn about the fundamentals of light-matter interactions and acquire the necessary skills to understand the working principles of the discussed experimental methods. • The participants will learn which material property is accessible by the discussed methods for product analysis as well as where and when each method can be applied. • The participants will learn on how to judge the results of an individual measurement technique and will learn about its inherent boundaries (e.g. resolution etc.) • The participants will learn where a combination of several techniques is more promising. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |

| | | |
|----|--|---|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) benotete mündliche Prüfung 30 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Prüfungsnote entspricht Modulnote |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Principles of physics extended (9. ed., internat. student version); Authors: David Halliday, Robert Resnik, Jearl Walker; Wiley 2011 • Springer Handbook of Materials Measurement Methods; Authors: Horst Czichos, T. Saito, Smith Leslie; Springer 2006 (electronic access within FAU) • Nonlinear Optics; Author: Robert W. Boyd; Academic Press 2008 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45231 | Rheologie / Rheometrie Rheology/Rheometry | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem | |
| 5 | Inhalt | <p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden | |

| | | |
|----|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluidodynamik der Biotechnologie. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) mündlich, 30 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008) |

- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45375 | Polymer Science and Processing Polymer science and processing | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Polymer Science and Processing (2 SWS) Vorlesung: Polymer Science and Processing (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Nicolas Vogel | |
| 5 | Inhalt | <p>Introduction to polymer science with a broad focus on: Synthesis, characterization and processing of polymeric materials; Structure-property relationships at the molecular level, in the liquid and melt state and in the solid.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to macromolecules: definition of terms, special features of polymers, polymerization reactions, polymer architectures, Classifications of polymeric materials • Polymer synthesis: chain and step growth, living Polymerizations, catalytic polymerizations, copolymerizations • Characterizations: determination of molecular weights • Properties of polymers in the liquid state: thermodynamics of polymer solutions, conformations • Properties of polymers in the solid state: phase transitions, amorphous materials, semi-crystalline materials, elastomers • Processing of polymers: extrusions, injection molding processes, Additive manufacturing, fiber and film manufacturing • Special polymers and applications of polymeric materials | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn basic structure-property relationships of macromolecules and polymeric materials • are able to derive macroscopic material properties from molecular structures • develop the conceptual ability to adapt macroscopic properties by changing the molecular structure • learn basic skills in the synthesis, characterization and processing of polymer materials • have the ability to select an appropriate polymeric material for a given application • get an insight into current research activities in the field of polymer science | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Koltzenburg, Maskos, Nuyken, Polymere, Springer Spektrum 2014 • R. J. Young, P. A. Lovell, Introduction to Polymers, 3rd Edition. CRC Press 2011 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45045 | Porous Materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization Porous materials: Preparation principles, production processes and spectroscopic characterization | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Hartmann | |
| 5 | Inhalt | <p>In diesem Modul sollen wichtige spektroskopische Verfahren und ihre Anwendungsbereiche vorgestellt werden. Im ersten Teil der Veranstaltung wird eine kurze Einführung in die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung gegeben. Zunächst werden die Prinzipien der Methoden zur Strukturaufklärung auf molekularer Ebene besprochen, insbesondere der Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie. Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten vorwiegend mittels Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) anhand verschiedener Beispiele konkret geübt. Dabei werden neben den Grundlagen der Spektroskopie von Feststoffen auch die verschiedenen Aspekte der In-situ-(Operando)-Spektroskopie und der Prozessanalytik mittels spektroskopischer Methoden konkreter vorgestellt. Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind Vorlesungen, Übungen und ein Praktikum. In den Vorlesungen werden die erforderlichen theoretischen Grundlagen für das Verständnis spektroskopischer Methoden vermittelt. Eng mit dem Vorlesungsstoff verzahnt werden in den Übungsgruppen und im Praktikum die Fähigkeit zur Aufnahme und Interpretation realer Spektren an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) geübt.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die molekularen Grundlagen sowie der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung • kennen die wichtigsten spektroskopischen Methoden und ihre Anwendung zur Charakterisierung von technischen Feststoffen, insbesondere Resonanzmethoden wie Kernresonanz- (NMR-), Elektronenspinresonanz- (ESR-) Ultraviolett- (UV-), Infrarot- (IR-) und Raman-Spektroskopie • wenden die theoretischen Aspekte in vielfältigen spezielleren, aber auch kombinierten Übungen zur Charakterisierung von technischen Katalysatoren und Adsorbenten mittels | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <p>Festkörper-NMR-Spektroskopie und ESR-Spektroskopie (unter Einbeziehung von IR- und UV-Spektroskopie) an</p> <ul style="list-style-type: none"> • können Spektren selbstständig aufnehmen und an Hand von Beispielen aus der Technik (z.B. Zeolithe, geträgerte Metallkatalysatoren, immobilisierte Enzyme) interpretieren und die Ergebnisse kritisch bewerten |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Spectroscopy in Catalysis An Introduction, J. Niemantsverdriet, 2007 • Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts, M. Che, J.C. Vadrine (Eds.), Wiley-VCH 2012 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45340 | Fluid-Feststoff-Strömungen Solid-liquid two phase flow | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung Fluid-Feststoff-Strömungen (1 SWS) Vorlesung: Fluid-Feststoff-Strömungen / Fluid-Solid-Flows (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |

| | | |
|----|---|---|
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45350 | Nanotechnology of Disperse Systems Nanotechnology of disperse systems | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Nanotechnology of Disperse Systems (3 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Monica Distaso | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Robin Klupp Taylor | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to nanodisperse systems and their broad fields of application and research • Summer semester only: Parallel lecture blocks (Block 1 (non-MAP) - Optoelectronic properties of nanodisperse systems, Block 2 (MAP) - Synthesis, properties and applications of mesocrystals) • Winter semester only: Optoelectronic properties of nanodisperse systems • Magnetic properties of nanodisperse systems • Ex situ and in situ characterisation of nanoparticles (Optical methods; Electron microscopy; Scanning probe microscopy; Spectroscopy) • Fundamental aspects of the preparation of nanodisperse systems (Thermodynamic fundamentals; Hydrolysis and polycondensation (metal oxides); Redox-reactions (metals); Solvothermal/Hydrothermal synthesis; Control of particle size and morphology) • Synthesis and properties of carbon nanotubes • Industrial methods of nanoparticle synthesis | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>On completion of the lecture course students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identify major applications and research fields of nanodisperse systems • Identify and explain the fundamental theories of nucleation and growth and colloidal stability • Differentiate between different approaches for the preparation of nanodisperse systems • Select metal and metal oxide precursors and oxidizing/reducing agents according to their thermodynamic properties. • Give examples of means to control nanoparticle size, shape and agglomeration state • Distinguish between different characterization tools according to their advantages and disadvantages for the analysis of nanodisperse systems • Identify the influence of particle size on key physical properties • Match physical properties of nanoparticles to current or emergent applications • Plan a presentation in which they compare and appraise recent research activities from the literature | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |

| | | |
|----|--|--|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | in jedem Semester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Nanoparticles and nanotechnology in general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Axelos, M.A. and van de Voorde, M.H. (2017) Nanotechnology in agriculture and food science, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text • Diwald, O. Berger, T. (2021) Metal oxide nanoparticles: Formation, functional properties, and interfaces, Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Full text • Müller, B. and van de Voorde, M. (2017) Nanoscience and Nanotechnology for Human Health, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. Full text • Naitō, M., Yokoyama, T., Hosokawa, K., Nogi, K. (eds) (2018) Nanoparticle technology handbook, Elsevier, Amsterdam. Full text • Natelson, D. (2015) Nanostructures and Nanotechnology, Cambridge University Press, Cambridge. Full text • Sánchez-Domínguez, M. and Rodríguez Abreu, C. (2016) Nanocolloids: A meeting point for scientists and technologists, Elsevier, Amsterdam. Full text • Sharon, M. (ed) (2019) History of nanotechnology: From pre-historic to modern times, Wiley, Hoboken NJ USA. Full text <p>Optical properties of nanoparticles / nanophotonics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bohren, C.F. and Huffman, D.R. (1993 (1998[printing])) Absorption and scattering of light by small particles, Wiley, New York, Chichester. Full text |

- Gaponenko, S. V. Introduction to nanophotonics, 2010, (Full text)
- Pelton, M. and Bryant, G.W. (2013) Introduction to metal-nanoparticle plasmonics, Wiley; Science Wise Publishing, Hoboken, New Jersey. Full text
- Quinten, M. (2011) Optical properties of nanoparticle systems: Mie and beyond, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

Magnetic nanoparticles

- Gubin, S.P. (2009) Magnetic nanoparticles, Wiley-VCH, Weinheim. Full text
- Katz, E. (ed) (2020) Magnetic Nanoparticles, MDPI, Basel. Full text (open access)
- Rivas, J., Kolen'ko, Y.V., Bañobre-López, M. (2016) Magnetic Nanocolloids, in Nanocolloids, Elsevier, pp. 75–129. Full text

Nanoparticle characterisation

- Unger, W., Hodoroaba, V.-D., Shard, A. (2019) Characterization of nanoparticles: Measurement processes for nanoparticles Elsevier, Amsterdam. Full text

Nanoparticle synthesis

- Haumesser, P.-H. (2016) Nucleation and growth of metals: From thin films to nanoparticles, Elsevier, Amsterdam. Full text
- Mohan, S., Oluwafemi, S.O., Kalarikkal, N., Thomas, S. (2018) Synthesis of inorganic nanomaterials: Advances and key technologies, Woodhead Publishing, Oxford. Full text
- Sau, Tapan K, Rogach, Andrey L. Complex-shaped metal nanoparticles: bottom-up syntheses and applications, 2012 Wiley-VCH Full Text
- Thomas, Sabu et al. Colloidal Metal Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Applications, 2020 Elsevier Full Text
- Thota, S. and Crans, D.C. (2018) Metal nanoparticles: Synthesis and applications in pharmaceutical sciences, Wiley-VCH, Weinheim. Full text

| | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42936 | Self-organisation processes Self-organization processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Self-organization Processes (2 SWS) Übung: Self-Organisation Processes (Exercise) (3 SWS) | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Michael Engel Prof. Dr. Robin Klupp Taylor Dr. Giulia Magnabosco | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Michael Engel | |
| 5 | Inhalt | <p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials • gain insight into current research in the field of the lecture |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel oral exam (30 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. • Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. • Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. • John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. • Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45335 | Trocknungstechnik Drying technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apperateauslegung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; • können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Mündliche Prüfung (30 Min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|--|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014</p> <p>2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013</p> <p>Gehrmann, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.</p> |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42914 | Process control and plant safety | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Process Control and Plant Safety (Exercise) (3 SWS) Vorlesung: Process Control and Plant Safety (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Basic concepts of process and plant safety • Layer model of process and plant safety • Reliability of processes and plants/Risk analysis • Automation systems for process and plant safety • Failure impact analysis • Cyber Security in view of Internet of Things (IoT) • Case studies from (bio-)chemical industries | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students will be able identify and analyze risks in process and plant operation and be able to protect equipment, humans and environment from operational hazards. The module provides key concepts and methods to assess risks and to increase operational safety, especially by use of process automation. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Prerequisites Required:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1- 3 • Statistics <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamics and Heat and Mass Transfer • Fluid dynamics • Chemical Reaction Engineering • Bio Process Engineering | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3;4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | Recommended reading: | |

- SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety Wiley 2012

Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94405 | Strömungsmechanik (Vertiefung) Focus Module: Fluid Mechanics | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! | |
| 3 | Lehrende | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Andreas Wierschem |
| 5 | Inhalt | keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt! |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt! |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Strömungsmechanik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich mündlich, 30 min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

Wahlpflichtmodule

Schwerpunkt Nachhaltigkeit

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 47810 | Chemische Energiespeicherung Energy storage chemical | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Detlef Freitag | |
| 5 | Inhalt | <p>Inhaltliche Schwerpunktthemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermodynamische Grundlagen chemischer Energiespeicherung • Überblick über Energiespeichertechnologien (auch nicht chemisch) • Biogene Energieträger • Elektrochemische Grundlagen und Anwendungen für elektrochemische Energiespeicherung • Wasserstoffspeichertechnologien (Kompression, Verflüssigung, Adsorption) • Wasserstoffspeicherung durch chemische Bindung an Trägerstoff • Energiespeicherung durch Erzeugung von Brennstoffen • Wärmespeicherung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefte Fach- und Methodenkompetenzen im Bereich der chemischen Energiespeicherung • sind mit den neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der chemischen Energiespeicherung vertraut • können unterschiedliche Energiespeicher- und Energietransportkonzepte im Sinne einer Prozesskettenanalyse und unter Betrachtung der verfahrenstechnischen Aspekte miteinander vergleichen und bewerten • sind zur Beurteilung und Diskussion thermodynamischer und kinetischer Aspekte chemischer Energiespeicherkonzepte befähigt • sind in der Lage Potentiale, Energiedichten und Wirkungsgrade neuer Speichertechnologien und ansätze zu ermitteln • sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaften und Chemie vertraut • sind zum Einstieg in die industrielle Forschung und Entwicklung auf einem der aktuellsten Themengebieten im Bereich der "Energiewende" befähigt | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) Klausur (120 Min) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Huggins, R.A., Energy Storage, Springer, 2010 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 96509 | Digitalisierung in der Energietechnik Digitalization in energy technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls wird den Studierenden das Themenfeld der Digitalisierung in der Energietechnik nähergebracht. Hierfür wird in einer sehr praxisbezogenen Ausgestaltung der Lehrveranstaltungen das notwendige Fachwissen für die Vernetzung von Industriesteuerungen und die Datenarchivierung und -Visualisierung vermittelt. Schließlich folgt eine Einführung in die Anwendung von KI-Paketen mittels der Programmiersprache Python.</p> <p>Teil 1 - Einführung / Grundlagen der Mess- und Regelungstechnik Teil 2 - Grundlagen von SPS-Steuerungen (Historie, Aufbau, Funktion, Programmierung), Aufbau Anlagennetz Teil 3 - Kommunikationsprotokolle (OPC, OPC-UA, Modbus, CAN. etc.) Teil 4 - Einführung in SQL Teil 5 - Regelungskonzept für industrielle Anlagen (Beispiel "Feuerungs-Leistungsregelung") Teil 6 - Visualisierung & HMI Teil 7 - Einführung in die KI / Grundlagen Datenmanagement und Explorativer Datenanalyse Teil 8 - Explorative Datenanalyse und Data Mining Teil 9 - Machine Learning und einfache Prognosemodelle Teil 10 - Deep Learning und Neuronale Netze Teil 11 - Einführung in IT-Sicherheit Teil 12 - Ausblick in aktuelle Themen des Lehrstuhls / Zusammenfassung / Fragerunden</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von stark praxisbezogenem Wissen als Einstieg in den Themenkomplex der Digitalisierung • Überwinden der Berührungssängste vor den stark informatiklastigen Querschnittsthemen • Verstehen von Sorgen und Nöten von beteiligtem Personal (Anlagenautomatisierer, IT-Beauftragte, Anlagenfahrer bis hin zur Geschäftsführung) als Einstieg in die Planung und Abwicklung von Digitalisierungsprojekten • Erlernen von Grundlagen in Anlagenkommunikation, Datenspeicherung und Python(KI-Paketen) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Mündliche Prüfung (30 Min) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 47770 | Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen Energetic use of biomass and waste | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls werden die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen behandelt. Zuerst werden Konzepte zur Nutzung biogener Stoffe und zur Entsorgung von Reststoffen vorgestellt. Neben konventionellen Nutzungskonzepten für die Wärme- und Stromerzeugung werden auch innovative Konzepte wie Vergärung, Pyrolyse und Vergasung, die Herstellung von Treibstoffen und die Anwendung neuer Technologien wie Brennstoffzelle, ORC-Prozess und Stirlingmotor behandelt:</p> <p>Teil 1 - Einführung Teil 2 - Wärmeerzeugung aus biogenen Brennstoffen Teil 3 - Stromerzeugung mit Verbrennungsanlagen Teil 4 - Stromerzeugung mit Vergärung Teil 5 - Stromerzeugung mit thermischer Vergasung</p> <p>Im weiteren Verlauf des Moduls werden die verfahrenstechnischen Grundlagen dieser Konzepte behandelt. Dabei stehen vor allem technologische Probleme bei Verbrennung und Vergasung verschiedenster Brennstoffe und die Brennstofflogistik im Vordergrund:</p> <p>Teil 6 - Verbrennung von Biomasse Teil 7 - Vergasung von Biomasse Teil 8 - Herstellung von Treibstoffen aus Biomasse</p> <p>Parallel dazu werden die Planung und die Wirtschaftlichkeit von Anlagen für die Nutzung von Biomasse thematisiert. Das Ziel ist die Durchführung und Präsentation einer Vorstudie (Grundlagenermittlung und Vorstudie) für ein selbst gewähltes Beispiel.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • analysieren und bewerten aktuelle Technologien und Konzepte zur Nutzung von Biomasse • wenden die Grundlagen zur Planung von Biomasseversorgungsanlagen an • präsentieren überzeugend die Planungsergebnisse und regen die Zuhörer zur Diskussion an | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich Mündliche Prüfung ca. 30 Min |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag Kaltschmitt, Energie aus Biomasse, Springer Verlag |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 47790 | Energiewirtschaft und Umweltrecht Energy management and environmental law | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Vorlesung Energiewirtschaft und Umweltrecht (3 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls werden aktuelle Problemstellungen der Energiewirtschaft und der Umweltgesetzgebung behandelt. Insbesondere werden im ersten Teil die Kosten verschiedener Konzepte und Technologien zur Energieversorgung verglichen und diskutiert:</p> <p>Teil 1: Energieversorgung des 21. Jahrhunderts Grundlagen der konventionellen Strom- und Wärmeerzeugung Wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Energiewandlung Finanzierungsmodelle für die Energiewirtschaft</p> <p>Der zweite Teil befasst sich mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen der Energiewirtschaft:</p> <p>Teil 2: Gesetzliche Rahmenbedingungen Umweltrechtliche Rahmenbedingungen (Bundesimmissionsschutzgesetze und Verordnungen, TA Luft, Emissionshandel, Energieeinsparverordnung, Umweltverträglichkeitsprüfung) Förderpolitische Maßnahmen (EEG, KWK-Gesetz, Ökosteuern, Energiewirtschaftsgesetz)</p> <p>Richtlinien zum Netzbetrieb (DVGW-Richtlinien, Einspeiseverordnung, Verbändevereinbarung)</p> <p>Im dritten Teil werden Szenarien für eine künftige Energiewirtschaft diskutiert:</p> <p>Teil 3 Szenarien für die künftige Energieversorgung Netze und Versorgungssicherheit Speichertechnologien Virtuelle Kraftwerke</p> <p>Darüber hinaus wird eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung (Liquiditätsplanung) für eine Energieversorgungsanlage anhand eines selbstgewählten Beispiels durchgeführt und präsentiert. Zudem wird anhand konkreter Aufgabenstellungen mit Gesetzestexten (z.B. Ermittlung von Emissionsgrenzwerten) geübt. Die Studierenden erlernen die wirtschaftliche Beurteilung verschiedener Optionen zur Energieversorgung und den Umgang mit den für die Energiewirtschaft relevanten Gesetzestexten.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können verschiedene Optionen zur Energieversorgung wirtschaftlich beurteilen • können mit den für die Energiewirtschaft relevanten Gesetzestexten umgehen • können unterschiedliche Szenarien für die künftige Energieversorgung erläutern | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • können eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung selbständig durchführen |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (90 Minuten) Klausur (120 min) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42918 | Fuel cells and electrolyzers | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Simon Thiele | |
| 5 | Inhalt | Fuel cell (FC) and electrolysis cell (ECs) <ul style="list-style-type: none"> • Application areas • Thermodynamic boundary conditions • Electrochemical basics • Kinetics • Transport processes • State of the art • Characterisation techniques • Open questions and scientific challenges | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • are able to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry • understand kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions • apply basic knowledge in thermodynamics and general chemistry • are familiar with basic concepts of electrochemical engineering for fuel cells and electrolyzers • can describe thermodynamics, kinetic effects and electrochemical foundations • understand limitations such as kinetic, ohmic or mass transport limitations • have a solid knowledge on the state of the art • know how to experimentally characterize cells • are able to deduce methods to improve cell technologies by analyzing experimental data | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | To succeed in this course, students will need to apply acquired knowledge from e.g. physical chemistry, mathematics and basic electrochemistry. Understanding of kinetics to describe the time dependent concentration changes in chemical reactions should be familiar from physical chemistry classes. Basic knowledge in thermodynamics and general chemistry is beneficial. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> O'hayre, Ryan; Cha, Suk-Won; Prinz, Fritz B.; Colella, Whitney (2016): Fuel cell fundamentals: John Wiley & Sons. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45081 | Membranverfahren Membrane processes | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung zu Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (1 SWS) Vorlesung: Membranverfahren/Membrane Separation Technologies (2 SWS) | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Jan-Christoph Domagala Johannes Wieczorek Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |

| | | | |
|---|-------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit | |
| 5 | Inhalt | <p>Membranverfahren finden vielfältige Anwendung in der chemischen, biotechnologischen und medizinischen Technik, wie z.B. in der Meerwasserentsalzung und Abwasseraufbereitung, für die Trennung organischer Stoffgemische und Produktion von Spezialchemikalien, bei der Aufbereitung von Gemischen aus biotechnologischen Produktionen oder der therapeutischen Blutreinigung.</p> <p>Membranverfahren zeichnen sich dabei durch hohe Leistungsfähigkeit, Selektivität und Zuverlässigkeit aus. Daneben sind sie in hohem Maße "kompatibel" zu anderen Trenn- und Reaktionsprozessen, so dass sie gezielt zu deren Intensivierung in hybriden und reaktiven Trennverfahren eingesetzt werden können.</p> <p>In Rahmen des Moduls werden die technisch relevanten Membrantrennverfahren Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse, Pervaporation, Gas-Trennung und Elektrodialyse behandelt sowie neuere Entwicklungen vorgestellt. Die Membranverfahren werden ausgehend von ihren physikalisch-chemischen Grundlagen bis hin zur Auslegung technischer Prozesslösungen besprochen, sowie technisch bereits realisierte Verfahren analysiert. Neben typischen Anwendungen wie z.B. der Wasseraufbereitung werden vorwiegend technische Membranverfahren für chemische und biotechnologische Anwendungen vorgestellt. Es wird dabei die Fähigkeit vermittelt, für gegebene Problemstellungen geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, optimierte Prozessparameter für verschiedene Apparate und Stoffsysteme abzuleiten, sowie eine Bewertung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Mikrofiltration 3. Ultrafiltration 4. Nanofiltration 5. Umkehrosmose 6. Dialyse und künstliche Niere 7. Pervaporation 8. Gaspermeation 9. Elektrodialyse 10. Donnan-Dialyse | |

| | | |
|----|--|--|
| | | 11. Aktuelle Forschungsgebiete |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten Membranverfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen und Prozess-Performance, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und ihre Wirtschaftlichkeit zu bewerten. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in thermischen Trennverfahren, Bioseparations oder Downstream Processing |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> <p>Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Weiterführende Literatur bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R.W. Baker, Membrane Technology and Applications, Wiley, 2004 (besonders empfohlen) • T. Melin, R. Rautenbach, Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer, 2007 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 47761 | Regenerative Energien - Erzeugung, Integration, Speicherung Renewable energies - generation, integration, storage | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |
| 5 | Inhalt | <p>Im Rahmen des Moduls werden aktuelle Problemstellungen der Integration und Transformation von Energiesystemen mit regenerativen Energien behandelt. Insbesondere werden Anlagentechnik, Speicher und Netzintegration vorgestellt und Ressourcenbewertungs-, Projektionsverfahren und Szenarioergebnisse verglichen und diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Ressourcenbewertung • Grundlagen von Prognose- und Projektionsverfahren • Photovoltaik, Anlagentechnik und Netzintegration • Windkraft, Anlagentechnik und Netzintegration • Regenerative Wärme: Anlagentechnik Geothermie / Biomasse • Grundlagen und Anlagentechnik von Energiespeichern • Netzintegration und Regelenergie mit EE • Integration und Transformation von Energiesystemen (Prof. Sterner) <p>Darüber hinaus wird ein Szenario zur Integration erneuerbarer Energieressourcen erstellt. Die theoretischen Inhalte zur Ressourcenbewertung, Anlagentechnik, Speichern und Systemintegration werden dabei an praktischen Beispielen angewandt und zu einem Systemmodell mit Hilfe der Software Simile zusammengebaut. Die Ergebnisse der Szenariorechnungen werden von den Studierenden im Rahmen einer abschließenden Posterpräsentation vorgestellt und mit den Dozenten diskutiert.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erlernen die Ressourcenbewertung, Anlagentechnik und Netzintegration von verschiedener reg. Energieträgern und Speichern. Sie lernen Projektionsverfahren zur Integration und Transformation von Energiesystemen kennen, wenden diese zur Modellerstellung und damit direkten praktischen Kompetenzerwerb selbstständig an und diskutieren und bewerten Prognoseergebnisse kritisch. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur (90 Min) | |

| | | |
|----|---|---|
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Karl; Dezentrale Energiesysteme; Oldenbourg-Verlag • Sterner, Stadler; Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration; Springer Verlag • Quaschnig; Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung Simulation; Carl Hanser Verlag |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94310 | Umweltverfahrenstechnik Environmental process engineering | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Matthias Thommes | |
| 5 | Inhalt | Gesetzliche Grundlagen, Partikelabtrennung (Zyklon, Filter, Wäscher), Partikelmesstechnik, Gasförmige Schadstoffe: Zusammensetzung und Entfernung, Absorption, Adsorption, Ionenaustausch, Membranverfahren, reaktive Verfahren (Verbrennung), Kraftwerksabgase, Wasserreinigung: Art der Verunreinigungen, Grenzwerte, Abtrennung (Adsorptions- und Membranverfahren) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen gesetzliche Grundlagen des Umweltschutzes • kennen gängige Verfahren der Abtrennung gasförmiger und fester Schadstoffe • verstehen die thermodynamischen und mechanistischen Grundlagen der Verfahren • können für gegebene Probleme passende Verfahren auswählen und anwenden • kennen Apparate für die Trennverfahren • können diese Apparate dimensionieren • kennen reaktive Verfahren zur Schadstoffminderung und zugehörige Apparate • bewerten die Verfahren und Apparate bezüglich Energieeffizienz und Prozessintegration • kennen Messverfahren für partikuläre Verunreinigungen • können diese Messverfahren bezüglich Anwendungsgrenzen und möglicher Analysefehler bewerten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Klausur, 120 Min. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|------------|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 45310 | Wärmeanlagen und Kraftwerkstechnik Thermal power plants and power plant technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl | |
| 5 | Inhalt | <p>1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen der Stromerzeugung 2. Thermodynamische Grundlagen der Kraftwerkstechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dampfkraftprozesse, • Gasturbinenprozesse • Gasmotorenprozesse • Kombiprozesse <p>4. Kohlekraftwerke mit Carbon Capture and Sequestration (CCS) 5. Dampfkraftprozesse für Erneuerbare Energien 6. Kernkraftwerke 7. Organic Rankine Cycles für die Abwärmenutzung 8. Gasturbinen- und hocheffiziente GUD-Kraftwerke 9. Stationäre Gasmotoren für die Kraft-Wärme-Kopplung 10. Carnot-Batterien</p> <p>Zur Vorlesung gehört eine Übung, in der mit der Programmiersprache Python einfache Kraftwerksprozesse programmiert werden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solarthermische Kraftwerke • Geothermische Kraftwerke • Biomasse-Kraftwerke | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen Technologien und Komponenten der Kraftwerkstechnik • haben einen grundlegenden Überblick über energiewirtschaftliche Fragen der Kraftwerkstechnik • analysieren Energieumwandlungsprozesse zur Erzeugung von elektrischer Energie in thermischen Kraftwerken • können technische Realisierung von Kraftwerken nachvollziehen und Vorschläge zur Optimierung erarbeiten und bewerten • wenden thermodynamische Prinzipien zur Prozessoptimierung an und können diese Methoden zur Prozessoptimierung weiterentwickeln • können thermodynamische Kreisprozesse mit der Programmiersprache Python berechnen | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfehlung: Vorlesung Technische Thermodynamik | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 2023/2 |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Klausur, Dauer: 60 Min. |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | J. Karl, Dezentrale Energiesysteme, Oldenbourg Verlag K. Strauß, Kraftwerkstechnik, Springer Verlag H. Effenberger, Dampferzeugung, Springer-Verlag H. Spliethoff, Power generation from Solid Fuels, Springer-Verlag J. Karl, Klimawende, neobooks |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 42915 | Process simulation | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to industrial process development • Aspects of process intensification • Introduction to the Aspen Plus simulator for process simulation • Equipment modeling: chem. reactors (detailed), separators, heat exchangers, mixers, pumps, compressors • recirculation, separation sequences, interconnection to the overall process • Short-cut methods for single apparatuses and for process synthesis • Flow sheet simulation of selected sample processes in Aspen Plus • Heat integration (pinch analysis) • Economic feasibility studies: Cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are familiar with the systematic approach to conceptual process design • are familiar with the individual steps of modeling chemical reactors, separators, heat exchangers, mixers, pumps and compressors • are able to independently carry out the modeling and simulation of chemical engineering processes using industry-relevant commercial simulation tools (in particular Aspen Plus) • are able to practically apply and expand their basic knowledge of reaction engineering and thermal process engineering in the simulation of process engineering processes • are able to classify different models of basic operations and assess the scope of application • are capable of comparing different process variants • are able to apply the acquired knowledge practically on the basis of selected examples, taking into account economic aspects (cost structure, cost models, plant capacity utilization, economic measures of quality) | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel (120 Minuten) Klausur/written exam (120 min.) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bearns, Behr, Brehm, Gmehling, Hofmann, Onken, Renken: Technische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2006. • Biegler, Grossmann, Westerberg: Systematic Methods of Chemical Process |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94356 | Process Technologies Process technologies | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Process Technologies (2 SWS) Übung: Process Technologies Exercises (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr.-Ing. Bastian Etzold | |
| 5 | Inhalt | <p>The Module "Process Technologies gives an overview on important processes in the chemical process industries. The processes are treated in a holistic approach and the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process are discussed in more detail. In particular, the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design are discussed. The presented processes are selected based on their importance in the fields of raw materials, intermediates and consumer products of the chemical process industries. In the sense of process engineering, apart from the reaction steps, the separation operations are also part of the considerations. The evaluation of the methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability complete the description of the processes. In detail, the following aspects are treated:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raw materials (crude oil, fuels, natural gas, technical gases) • Organic base chemicals (syngas, alkanes, alkenes, aromatics) • Organic intermediates (C1-C4 alcohols, cyclic alcohols, ether, epoxides, organic acids) • Renewable raw materials • Organic end products (surfactants, pigments, polymers) • Inorganic base chemicals and intermediates (sulfuric acid, ammonia, sodium hydroxide) • Inorganic end products (fertilizers, ceramics, glass) • Process development (technologies, economic evaluation) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • know the important processes in the chemical process industries • describe the interaction of individual process steps and their feedback to the overall process • discuss the relationship between the physical/chemical basics of the processes, process development and process design • evaluate the processes und methods with regard to their cost-effectiveness and sustainability | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Wahlpflichtmodule Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 Wahlpflichtmodule Schwerpunkt Nachhaltigkeit Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232</p> | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Textbooks and compendia on Technical Chemistry, e.g. <ul style="list-style-type: none"> • Baerns, et al., Technische Chemie, Wiley-VCH • Jess, Wasserscheid, Chemical Technology, Wiley-VCH • Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry |

Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik

| | | | |
|---|----------------------------------|--|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94300 | Technische Thermodynamik (Vertiefung) Focus Module: Technical Thermodynamics | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Praktikum: Praktikumsversuch - Laminare Brenngeschwindigkeit (3 SWS) 2,5 ECTS Praktikum: Praktikumsversuch - Raman Spektroskopie (3 SWS) 2,5 ECTS Praktikum: Praktikumsversuch - Verbrennungskalorimetrie (3 SWS) 2,5 ECTS Praktikum: Praktikumsversuch - Wärmeübertrager (3 SWS) 2,5 ECTS Übung: Übung zu Techn. Thermodynamik (Vertiefung) für CBI und CEN (2 SWS) 1,5 ECTS Vorlesung: Technische Thermodynamik (Vertiefung) für CBI und CEN (3 SWS) 3,5 ECTS | |
| 3 | Lehrende | Simon Aßmann Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |

| | | | |
|---|-------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Dr.-Ing. Franz Huber Prof. Dr.-Ing. Stefan Will | |
| 5 | Inhalt | Das Modul Technische Thermodynamik - Vertiefung beinhaltet neben einer Wiederholung der Grundlagen zur Bilanzierung von Masse, Energie, Impuls, Entropie und Exergie die Themen Verbrennungstechnik, Strömungsprozesse und Einführung in die Gasdynamik, Kältetechnik sowie Energiespeicher. Das Thema Verbrennungsprozesse soll zugleich als allgemeine Einführung in die thermodynamische Behandlung von Systemen dienen, in denen chemische Reaktionen stattfinden. Schwerpunkte der energetischen Betrachtung von Verbrennungsprozessen bilden die Berechnung der freigesetzten Wärme sowie die Verbrennungstemperatur. Mit Hilfe von Entropiebilanzen wird die Effizienz von Verbrennungsprozessen in Form des exergetischen Wirkungsgrades bzw. in Form von auftretenden Exergieverlusten analysiert. Bei Strömungsprozessen sollen insbesondere kompressible Medien und somit auch Hochgeschwindigkeitsströmungen betrachtet werden, bei denen strömungsmechanische und thermodynamische Vorgänge stets miteinander verknüpft ablaufen. Hier werden neben den Grundgleichungen zur Modellierung von entsprechenden Strömungen und Zustandsänderungen spezielle Anwendungen von Düse und Diffusor diskutiert, z.B. im Bereich der Antriebstechnik und Kältetechnik. Das Thema Kältetechnik behandelt zunächst theoretisch deren Grundaufgaben. Schwerpunkte bilden dann unterschiedliche Verfahren und Anlagen zur Erzeugung von tiefen Temperaturen einschließlich derer zur Gasverflüssigung. Bei der Auslegung und Optimierung von Anlagen zur Erzeugung mäßig tiefer Temperaturen, z.B. in Form von Kompressions-, Dampfstrahl- und Absorptionskältemaschine, werden auch ökologische und ökonomische Kriterien bei Auswahl von Kältemitteln gegenübergestellt. Im Kapitel Energiespeicher werden nach | |

| | | |
|----|--|---|
| | | einer Einführung zunächst Druckluftspeicher behandelt. Es werden verschiedene Speicher zur thermischen Speicherung vorgestellt. Einen Schwerpunkt bilden Pumped Thermal Energy Storgages" (Carnot-Batterien"), hier werden der Brayton-Cycle und die Kombination Wärmepumpe / Organic Rankine Cycle näher betrachtet. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> wenden wesentliche thermodynamische Grundlagen zur Konzeptionierung und Entwicklung von Systemen und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik, darunter speziell solcher der Verbrennungs-, Strömungs-, Kälte- und Wärmetechnik an können Berechnungen zur thermodynamischen Optimierung analysieren und selbständig durchführen sowie die notwendigen Hilfsmittel methodisch angemessen anwenden diskutieren die Auslegung und Optimierung von Anlagen im Bereich der Wärme-, Energie- und Verfahrenstechnik unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Kriterien |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird: Technische Thermodynamik I für CBI |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Technische Thermodynamik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich Praktikumsleistung |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | H. D. Baehr und S. Kabelac, Thermodynamik, Springer 2009 (14. Auflage) E. Hahne, Technische Thermodynamik, Oldenbourg 2004 (4. Auflage) K. Lucas, Thermodynamik, Springer 2000 (2. Auflage) D. Rist, Dynamik realer Gase, Springer 1996 R. Günther, Verbrennung und Feuerungen, Springer 1984 |

Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik

| | | | |
|---|----------------------------------|--|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94410 | Thermische Verfahrenstechnik (Vertiefung) Focus Module: Separation Science and Technology | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Vertiefung Thermische Verfahrenstechnik (VL) (3 SWS) Übung: Vertiefung Thermische Verfahrenstechnik (UE) (1 SWS) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Dr.-Ing. Detlef Freitag Prof. Dr. Matthias Thommes Jincheng Xu Lukas Sandner | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Matthias Thommes | |
| 5 | Inhalt | Applikationen und Prozesse basierend auf Adsorption (inkl. PSA, TSA), zielgerichtete Adsorbenscharakterisierung, spez. chromatographische Verfahren, Sonderverfahren der Rektifikation, Anwendung von Hybridverfahren, ausgewählte Aspekte der Membrantechnologie, Trocknungsprozesse | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über vertiefende Fach- und Methodenkompetenzen aus dem Bereich der thermischen Verfahrenstechnik und Trennverfahren • können thermische Prozesse selbständig beschreiben • sind mit den Details wichtiger Grundoperationen (Unit Operations) vertraut und können diese selbständig zur Lösung von Trennaufgaben in der Labor- und Industriepraxis anwenden • sind fähig Experimente eigenständig zu planen und durchzuführen • können die Ergebnisse der selbständig durchgeführten wissenschaftlichen Experimente protokollieren, analysieren, auswerten und kritisch diskutieren | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Praktikumsleistung schriftlich oder mündlich (120 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) schriftlich oder mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h | |

| | | |
|----|---|------------|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94415 | Thermische Verfahrenstechnik (Vertiefung) Focus Module: Separation Science and Technology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt! | |
| 3 | Lehrende | Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt! | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Matthias Thommes |
| 5 | Inhalt | keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt! |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt! |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Thermische Verfahrenstechnik Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich (120 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme

| | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94280 | Simulation granularer und molekularer Systeme Simulation of Granular and Molecular Systems | 7,5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <p>Das Modul befasst sich mit der Simulation von Systemen vieler Teilchen mit Hilfe verschiedener numerischer Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Molekulardynamik (zeit- und ereignisgesteuert) • Diskrete-Element Methode (DEM) zur Simulation von granularen Systemen • Starrkörpersimulation als Alternative zu DEM • Partikelbasierte Fluiddynamik am Beispiel von Direct Simulation Monte-Carlo und Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den grundsätzlichen Methoden der numerischen Modellierung molekularer und granularer Systeme vertraut • besitzen vertiefte Kenntnisse bezüglich der verwendeten numerischen Methoden und der wichtigsten Algorithmen und Datenstrukturen • implementieren einzelne Aspekte dieser Methoden • modellieren einfache Systeme • können selbständig numerische Simulationen dieser Systeme durchführen und auswerten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | Pöschel, Schwager: "Computational Granular Dynamics - Models and Algorithms", Springer, 2005 Frenkel, Smit: "Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications", Academic Press. 2001 |
|----|--------------------------|--|

Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 94281 | Simulation granularer und molekularer Systeme Simulation of Granular and Molecular Systems | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Thorsten Pöschel | |
| 5 | Inhalt | <p>Die Lehrveranstaltung befasst sich mit der Simulation von Systemen vieler Teilchen mit Hilfe verschiedener numerischer Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Molekulardynamik (zeit- und ereignisgesteuert) • Diskrete-Element Methode (DEM) zur Simulation von granularen Systemen • Starrkörpersimulation als Alternative zu DEM • Partikelbasierte Fluiddynamik am Beispiel von Direct Simulation Monte-Carlo und Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den grundsätzlichen Methoden der numerischen Modellierung molekularer und granularer Systeme vertraut • besitzen vertiefte Kenntnisse bezüglich der verwendeten numerischen Methoden und der wichtigsten Algorithmen und Datenstrukturen • implementieren einzelne Aspekte dieser Methoden • modellieren einfache Systeme • können selbständig numerische Simulationen dieser Systeme durchführen und auswerten | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Vertiefungsmodulgruppe Simulation granularer und molekularer Systeme Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | Pöschel, Schwager: "Computational Granular Dynamics - Models and Algorithms", Springer, 2005 Frenkel, Smit: "Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications", Academic Press, 2001 |
|----|--------------------------|--|

Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 82570 | BWL für Ingenieure Business studies for engineers | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: BWL für Ingenieure II (2 SWS, SoSe 2025) | - |
| 3 | Lehrende | Dr. Lothar Czaja Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt | |
| 5 | Inhalt | <p>BW 1 (konstitutive Grundlagen): Grundlagen und Vertiefung spezifischer Aspekte der Rechtsform-, Standort-, Organisations- und Strategiewahl</p> <p>BW 2 (operative Leistungsprozesse): Betrachtung der unternehmerischen Kernprozesse Forschung und Entwicklung mit Fokus auf das Technologie- und Innovationsmanagement, Beschaffung und Produktion sowie Marketing und Vertrieb</p> <p>BW 3 (Unternehmensgründung): Grundlagen der Gründungsplanung und des Gründungsmanagements BW 3 Übung (Vertiefung und Businessplanerstellung): Vertiefung einzelner Schwerpunkte aus den Bereichen BW 1, 2 und 3 sowie ausgewählte Fallstudien zu wichtigen Elementen eines Businessplans</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> erwerben Kenntnisse über Grundfragen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre verstehen die Kernprozesse der Unternehmung und die damit verbundenen zentralen Fragestellungen erwerben ein Verständnis für den Entwicklungsprozess der Unternehmung sowie deren Kernprozesse, insbesondere verfügen sie über breites und integriertes Wissen einschließlich der wissenschaftlichen Grundlagen in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion, Marketing und Vertrieb. können Fragen des Technologie- und Innovationsmanagements anhand der Anwendung ausgewählter Methoden und Instrumente erschließen wissen um die Bestandteile eines Businessplans, deren Bedeutung und sind in der Lage, diese zu verfassen und zu beurteilen | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|--|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Klausur (60 Minuten) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Klausur (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | in jedem Semester |
| 13 | Wiederholung der Prüfungen | Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden. |
| 14 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h |
| 15 | Dauer des Moduls | 2 Semester |
| 16 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 17 | Literaturhinweise | Voigt, Industrielles Management, 2008 |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 86973 | Current issues in sustainability management | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Seminar: Perspektiven des Nachhaltigkeitsmanagements - ein Debattierseminar (2 SWS) Es besteht Anwesenheitspflicht. | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Marlene Lasthaus Julia Pompe | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Markus Beckmann | |
| 5 | Inhalt | <p>Das Debattier-Seminar „Perspektiven des Nachhaltigkeitsmanagements“ soll die Kompetenzen der Studierenden zur kritischen Reflektion mittels Nachhaltigkeitsdebatten und der Nutzung von KI bei der Meinungsbildung stärken.</p> <p>Im Seminar werden wir zunächst anhand von systemtheoretischen Betrachtungen veranschaulichen, dass vermeintlich „einfache“ Lösungen oft komplizierter sind und aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet und systemisch bewertet werden müssen. Danach werden vier Themenkomplexe abgeleitet, die für eine nachhaltige Entwicklung relevant sind, die aber auch ambivalent diskutiert werden (z.B. Kreislaufwirtschaft, Growth vs. Degrowth). Zu diesen Themen werden wissenschaftlich fundierte Grundlagen, auch über Gastvorträge, vermittelt.</p> <p>Um unterschiedliche Perspektiven auf die Themen zu entwickeln, werden mit Hilfe des Persona-Konzepts Rollen geschaffen, die gegensätzliche Positionen zu den polarisierenden Themen haben können. Die Studierenden werden zufällig einer Rolle und einer Gruppe, die eine vorgegebene Fragestellung zu einem der vier Themenkomplexe behandelt, zugeteilt. Auf Grundlage der Rolle und der Fragestellung bereiten die Studierenden dazu passende Argumente vor. Diese Argumente sollen explizit mithilfe von ChatGPT und SciteAI, aber auch in Social Media recherchiert werden. Anschließend diskutieren die Studierenden jeweils in ihrer Rolle gemeinsam mit den Personen aus ihrer Themengruppe über die vorgegebene Fragestellung. Dazu werden im Vorfeld Methoden des Debattierens und der Rhetorik vermittelt.</p> <p>Neben der Debattenleistung sollen Studierende ihr Diskussionsthema in einer Hausarbeit in den systemtheoretischen und interdisziplinären Kontext einordnen und ihre eigene Debattierrolle reflektieren.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Am Ende des Seminars sind die Studierenden in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeitsthemen aus unterschiedlichen Perspektiven zu analysieren und zu reflektieren; • methodisch fundierte und strukturierte Debatten/Diskussionen zu führen; • ihre wissenschaftlichen Forschungskompetenzen anzuwenden; | |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • KI-Tools kritisch und konstruktiv anzuwenden; • Soft Skills wie strukturierte Teamarbeit und professionelle Präsentationen anzuwenden. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <ul style="list-style-type: none"> • Bereits besuchte Kurse zum Nachhaltigkeitsmanagement sind von Vorteil; • Bereitschaft zur aktiven Teilnahme an diskursiven Formaten; • Interesse an aktuellen und auch kontroversen Nachhaltigkeitsthemen; • Bereitschaft zum Perspektivwechsel und damit verbundene Einnahme verschiedener Rollen; • Motivation zur selbständigen Arbeit in einem Team. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich/mündlich Analyse eines aktuellen, kontroversen Nachhaltigkeitsthemas; Vorbereitung einer dazugehörigen, legitimen Position; Darlegung dieser in einem Debattierformat. Zusammenfassende Reflexion der Debatte im Nachgang. |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich/mündlich (100%) Entspricht der Teilnahme an einer Debatte (70%) und einem Reflexionsessay (30%). |
| 12 | Turnus des Angebots | in jedem Semester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Alle notwendigen Materialien werden über StudOn zur Verfügung gestellt. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 86600 | Einführung in das Genossenschaftswesen Introduction to cooperative systems | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Markus Beckmann | |
| 5 | Inhalt | Gegenstand der Veranstaltung ist die wissenschaftliche Betrachtung der Rechts- und Unternehmensform Genossenschaft aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden erlangen ein generelles Verständnis für das Modell Genossenschaft und dessen historischen Background. Zusätzlich erhalten die Studierenden einen Einblick in die verschiedenen Geschäftsfelder in denen Genossenschaften vertreten sind und analysieren deren Vorzüge in diesen Bereichen.</p> <p>Insbesondere sind die Studierenden in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Entwicklung der Genossenschaften nachzuvollziehen, • die Rolle von Genossenschaften in der Bundesrepublik Deutschland zu reflektieren, • die Vor- und Nachteile der Rechts- und Unternehmensform e.G. gegenüber anderen Personen und Kapitalgesellschaften einzuschätzen, und die Gründungsvoraussetzungen einzuordnen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3;5;7 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Klausur (90 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Klausur (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | Kursspezifische Literatur | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 85796 | Kompetenzseminar zum Klimawandel: Grundlagen- und Kompetenzen erwerben zu Nachhaltigkeitsherausforderungen Competence seminar on climate change: Acquiring theoretical foundations and competencies on sustainability challenges | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Seminar: Kompetenzseminar zum Klimawandel [Modulstudien Naturale + Freier Bereich Lehramtsstudierende + Nebenfach] (2 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Marlene Lasthaus Julia Pompe PD Dr. Anette Regelous | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Markus Beckmann | |
| 5 | Inhalt | <p>Mit dem Klimawandel werden auf alle zukünftigen ExpertInnen neue Herausforderungen und Entscheidungen zukommen. Zusätzlich werden manche Studierenden zu MultiplikatorInnen (LehrerInnen, ManagerInnen), die anderen Klimawandelfolgen und -risiken näherbringen. In diesem Seminar werden daher Kompetenzen vermittelt, um fachlich kompetent und pädagogisch kreativ zum Thema Klimawandel und zu anderen Nachhaltigkeitsaspekten arbeiten zu können. Nach Experten-Vorträgen aus den Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften sowie von Lehrpersonen aus der Praxis dürfen die Seminarteilnehmer in Betreuung eigene pädagogische bzw. Consulting-Konzepte zum Thema Klimawandel entwickeln.</p> <p>Es handelt sich um ein inverted-classroom Konzept, bei dem sich Selbststudium mit Präsenzterminen (online und vor Ort in Erlangen) abwechseln. Bei den Präsenzterminen (online und vor Ort) ist Anwesenheitspflicht. Weitere Informationen siehe StudOn Kurs.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> • umfassende, transdisziplinäre Kenntnisse zu den aktuellen gesellschaftlichen Diskussionen rund um die Thematik Klimawandel wiedergeben und erläutern • Argumentationskompetenz und kritische Reflexion der Thematik Klimawandel vorweisen • Kreativitätsmethoden zur Erstellung pädagogischer Konzepte darstellen und umsetzen • Teamfähigkeiten und soziale Kompetenzen stärken | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 4;3;4;5;6;7 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Präsentation |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Präsentation (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | in jedem Semester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 21 h Eigenstudium: 129 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Literatur wird vom Lehrstuhl nach Anmeldung bereitgestellt. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 86710 | Spezielle Soziologie Subfields of sociology | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. Es besteht Anwesenheitspflicht. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Abraham Prof. Dr. Tobias Wolbring |
| 5 | Inhalt | Spezielle Soziologien befassen sich mit Strukturen und Prozessen spezifischer Teilbereiche der Gesellschaft und spiegeln die Aufteilung der Fachgesellschaft in Sektionen wider. In wechselnder Folge werden Module zu verschiedenen Bereichen (z.B. zu den Themenfeldern Gesundheit, Bildung, Organisation, Wirtschaft, Wissenschaft) angeboten. <ul style="list-style-type: none"> • Erwerb von Wissen über zentralen theoretische und empirisch-methodische Konzepten der Analyse und Erklärung zentraler Strukturen und Prozesse des Anwendungsfeldes der speziellen Soziologie • Erwerb von Kenntnissen zu zentralen Forschungsergebnissen • Exemplarische Vertiefung anhand ausgewählter Themen der aktuellen Forschung im Themenfeld |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Das Ziel des Moduls ist es, empirisches und methodisches Grundwissen über spezielle soziologische Zugangsweisen zu vermitteln. Die Teilnehmenden werden in grundlegende Konzepte und Theorien der speziellen Soziologie eingeführt. Das Modul soll Kenntnisse über die theoretischen Grundlagen der speziellen Soziologie vermitteln und dazu befähigen, die Theorien auf konkrete Forschungsfragen im Anwendungsfeld anzuwenden. Darüber hinaus sollen Kenntnisse über die zentralen Forschungsergebnisse erworben werden. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Soziologie I und Soziologie II |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Hausarbeit |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Hausarbeit (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig |

| | | |
|----|---|---|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 50 h Eigenstudium: 100 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Kneer, Georg/Schroer, Markus (2010) Handbuch Spezielle Soziologien. Wiesbaden: VS Verlag |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 86671 | International vergleichende Sozialstrukturanalyse International comparative analysis of social structure | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: International vergleichende Sozialstrukturanalyse (2 SWS) | 4 ECTS |
| 3 | Lehrende | Sebastian Bähr | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Abraham Prof. Dr. Tobias Wolbring |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von zentralen theoretischen und empirisch-methodischen Konzepten der Analyse und Erklärung sozialer Ungleichheit in international vergleichender Perspektive • Vertiefung anhand ausgewählter Themen wie z.B. Demographie (generatives Verha |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Teilnehmenden werden eingeführt in grundlegende Konzepte und Theorien zur Analyse sozialer Ungleichheit. Das Modul soll dazu befähigen, die Entwicklung und Struktur sozialer Ungleichheit im Kontext des globalen sozialen Wandels auf regionaler, nationalstaatlicher und globaler Ebene zu analysieren, beschreiben und theoriegeleitet zu erklären. Die Teilnehmenden diskutieren differenziert die Auswirkungen sozialer Ungleichheit auf die Lebenswelten und Lebenschancen, auf die gesellschaftliche Entwicklung (z.B. Integration/ Desintegration), auf Prozesse und Verläufe in ausgewählten Feldern (z. B. Prozess sozialer Polarisierung) und Interventionsmöglichkeiten für die regionale, nationale und transnationale (Sozial-)Politik. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Keine |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 4 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | elektronische Prüfung (60 Minuten) Präsentation |
| 11 | Berechnung der Modulnote | elektronische Prüfung (100%) Präsentation (bestanden/nicht bestanden) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 50 h Eigenstudium: 100 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | Mau, Steffen/Verwiebe, Roland (2009) Die Sozialstruktur Europas. Stuttgart: UTB; Huinink, Johannes/Schröder, Torsten (2008) Sozialstruktur Deutschlands. Konstanz: UTB; Hall, Peter/Soskice, David |

(Hrsg.) 2001: The Varieties of Capitalism. Oxford: Oxford University Press

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 86721 | Economy, organization and social inequality | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Inequality in Context: Organizations, Economy, and Society (Wirtschaft, Organisation und Ungleichheit) (2 SWS) | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Matthias Collischon | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Abraham Prof. Dr. Tobias Wolbring | |
| 5 | Inhalt | In this lecture, students will get to know and discuss how economic, social, organizational and political processes shape inequality in modern societies. We will analyze how economic institutions, market forces and welfare states impact career opportunities and life chances of individuals. Students will be introduced to relevant theoretical concepts, research designs and empirical findings. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erwerben grundlegende soziologische Fachkompetenz für den Bereich Gesellschaftsstruktur, Wirtschaft und Ungleichheit • erlangen Kenntnisse über Aufbau und Struktur von modernen Gesellschaften. • analysieren aktuelle Probleme in diesen Bereichen unter Einsatz sozialwissenschaftlicher Theorien. • trainieren und vertiefen die Fähigkeit, aktuelle wissenschaftliche Arbeiten zu rezipieren und zu kritisieren. • erarbeiten und diskutieren praxisorientierte Anwendungen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | None | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Klausur (60 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Klausur (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 50 h Eigenstudium: 100 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | Grusky, David (Hg.): Social Stratification. Class, Race, and Gender in Sociological Perspective. 4. Aufl. Boulder 2014: Westview Press. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 85767 | Looking beyond sustainability: regeneration, alternative views on growth and circularity | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Markus Beckmann Dr. Francisco Layrisse Villamizar | |
| 5 | Inhalt | <p>The seminar provides content on the basics of regenerative practices across different industries and contexts. The course is divided into three general blocks.</p> <p>The first block of sessions will provide context into the importance of regeneration considering the limitations of current frameworks such as corporate philanthropy, corporate social responsibility and corporate sustainability management.</p> <p>The second block of sessions will concentrate on understanding the regenerative principles, the importance of socio-ecological systems and circularity.</p> <p>The third block of sessions will focus on analyzing regeneration/ circularity in practice by looking at:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Innovative business models that include regenerative practices and/or circularity 2) Transitions towards regeneration in agro-food systems. 3) Industrial ecology and circular practices 4) Risk management practices for climate change <p>Students will have a mid-term presentation and final presentation where they will have identified an innovative business model that integrates regeneration/circularity. In addition, they will have to document in detail the aspects of the model.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>At the end of the seminar, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Criticize and frame the limits of our current system • Articulate the root causes of today's wicked problems • Describe the underlying principles of regeneration and circularity • Define characteristics of regenerative and circular enterprises • Contrast traditional enterprises with innovative business/ practices models based on regeneration and/circularity | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | It is preferable if students have taken "Introduction to Sustainability Management." | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 5;3;7 | |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich/mündlich Referat |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich/mündlich (30%) Referat (70%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | Material will be provided in class |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 85786 | Energiewirtschaft und Nachhaltigkeit Energy markets and sustainability | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Karl Gregor Zöttl | |
| 5 | Inhalt | In dieser Veranstaltung wird ein grundlegender Überblick über die wichtigsten ökonomischen Aspekte von Energiemärkten vermittelt und deren Rolle bei einer nachhaltigen Transformation im Zusammenhang mit dem Klimawandel detailliert beleuchtet. Aufgrund der geplanten Elektrifizierung im Verkehrsbereich (z.B. E-Autos und Wasserstoff) und im Wärmebereich (z.B. Wärmepumpen) kommt dem Stromsektor hierbei eine zentrale Rolle zu. Ein Schwerpunkt liegt auf der Vermittlung der Funktionsweise und der quantitativen Analyse von Strommärkten. Die sich hierbei stellenden Herausforderungen werden diskutiert und auch quantitativ analysiert. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erhalten einen Überblick über die Besonderheiten von Energiemärkten und deren Rolle einer Transformation im Zusammenhang mit dem Klimawandel • lernen insbesondere die Märkte für elektrische Energieversorgung im Detail kennen und können selbstständig grundlegende quantitative Analysen durchführen • können die aktuellen Herausforderungen bei der Transformation der Energiemärkte nennen und erläutern. • erhalten einen Überblick über aktuell diskutierte Lösungsansätze und können diese bewerten. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in Mikroökonomie; Erfolgreicher Abschluss der Assessmentphase | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Wahlmodul aus dem Angebot des Fachbereichs WiSo Master of Science Chemical Engineering - Nachhaltige Chemische Technologien 20232 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Klausur (90 Minuten) Klausur (100%). Die Studierenden können ihre Note durch eine schriftliche Fallstudie verbessern, die dann 20% der Note ausmacht. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Klausur (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |

| | | |
|----|---|---|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <p>Energiewirtschaft 2020, Andreas Löschel, Wolfgang Ströbele, Wolfgang Pfaffenberger, Michael Heuterkes, Oldenbourg</p> <p>CSR und Energiewirtschaft 2019, Alexandra Hildebrandt, Werner Landhäußer</p> <p>Fundamentals of Power System Economics 2018, Daniel Kirschen und Goran Strbac, Wiley</p> <p>Praxisbuch Energiewirtschaft 2017, Panos Konstantin</p> |