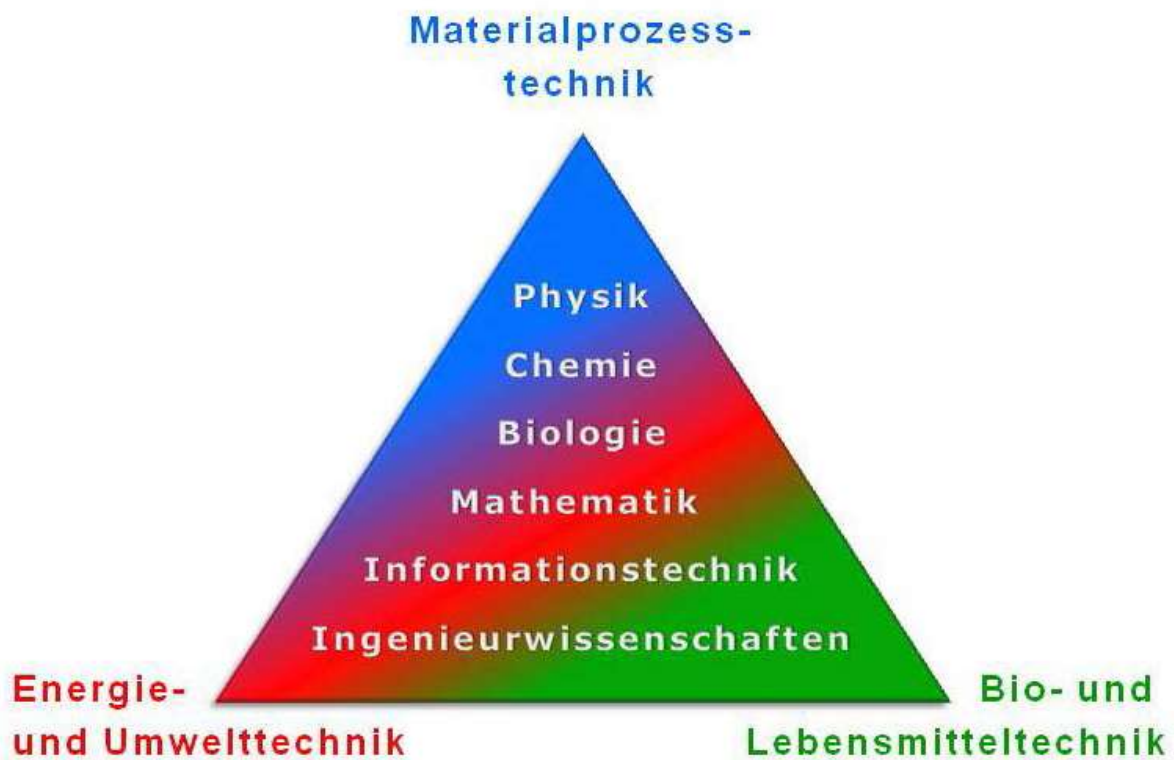


**Modulhandbuch  
Bioingenieurwesen  
Master**  
SPO 2016  
Sommersemester 18  
Stand: 01.03.2018

Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik



# Inhalt

<b>1</b>	<b><i>NEU im Sommersemester 18</i></b> .....	<b>7</b>
1.1	<b>Neue Module:</b> .....	<b>7</b>
1.2	<b>Änderung der Wahlmöglichkeiten:</b> .....	<b>7</b>
1.3	<b>Verschiebung in ein anderes Semester</b> .....	<b>7</b>
1.4	<b>Entfallene Module</b> .....	<b>7</b>
1.5	<b>Vorschau</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b><i>Allgemeine Informationen</i></b> .....	<b>9</b>
2.1	<b>Aufbau des Studiums</b> .....	<b>9</b>
2.2	<b>Module in englischer Sprache/ English Lectures</b> .....	<b>10</b>
2.3	<b>Fach- und Modulübersicht</b> .....	<b>11</b>
2.4	<b>Lehrveranstaltungen/ Semesterübersicht</b> .....	<b>12</b>
2.4.1	Empfohlener Studienablaufplan .....	13
2.5	<b>Qualifikationsziele des Studiengangs</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b><i>Module</i></b> .....	<b>15</b>
3.1	<b>Modul Masterarbeit</b> .....	<b>15</b>
3.2	<b>5100 Erweiterte Grundlagen</b> .....	<b>16</b>
3.2.1	Modul 5101 Prozess- und Anlagentechnik .....	17
3.2.2	Modul 5102 Thermodynamik III .....	19
3.2.3	Modul 5103 Physikalische Chemie mit Praktikum .....	20
3.2.4	Modul 5104 Numerische Strömungssimulation .....	22
3.2.5	Modul 5105 Thermische Transportprozesse .....	23
3.2.6	Modul 5106 Partikeltechnik.....	24
3.2.7	Modul 5107 Kinetik und Katalyse .....	25
3.2.8	Modul 5108 Biotechnologische Stoffproduktion .....	26
3.2.9	Modul 5109 Biopharmazeutische Aufarbeitsverfahren.....	28
3.2.10	Modul 5110 Integrierte Bioprozesse .....	29
3.2.11	Modul 5111 Ausgewählte Formulierungstechnologien.....	30
3.3	<b>Fach 5200 Technisches Ergänzungsfach</b> .....	<b>32</b>
3.3.1	Modul 5201 Moderne Messtechniken zur Prozessoptimierung.....	33
3.3.2	Modul 5202 Entwicklung eines innovativen Lebensmittelprodukts .....	34
3.3.3	Modul 5203 Verfahrensentwicklung in der Chemischen Industrie .....	35
3.3.4	Modul 5230 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Investitionsprojekten .....	36
3.3.5	Modul 5206 Rheologie Disperser Systeme .....	37
3.3.6	Modul 5207 Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie .....	38
3.3.7	Modul 5210 Produktgestaltung II .....	40
3.3.8	Modul 5235 Innovationsmanagement für Produkte und Prozesse der chemischen Industrie .....	42
3.4	<b>Fach 9100 Überfachliche Qualifikationen</b> .....	<b>44</b>
3.5	<b>Fach 9200 Berufspraktikum</b> .....	<b>45</b>
<b>4</b>	<b><i>Vertiefungsfachmodule</i></b> .....	<b>47</b>
4.1	<b>Allgemeine Regelungen</b> .....	<b>47</b>
4.2	<b>Fach 6100 Angewandte Rheologie</b> .....	<b>48</b>
4.2.1	Modul 6101 Rheologie und Verfahrenstechnik disperser Systeme.....	50

4.2.2	Modul 6102 Rheologie und Verfahrenstechnik von Polymeren .....	53
4.2.3	Modul Rheologie komplexer Fluide und moderne rheologische Messmethoden...	55
4.2.4	Modul 6103 Strömungsmechanik nicht-Newtonscher Fluide .....	57
4.2.5	Modul 6105 Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen .....	59
4.2.6	Modul 6106 Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion .....	61
4.2.7	Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik .....	63
4.2.8	Modul 6108 Mischen und Rühren.....	64
4.2.9	Modul 6109 Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie .....	65
4.2.10	Modul 6110 Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle I.....	67
4.2.11	Modul 6111 Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle II.....	69
4.2.12	Modul 6112 Trocknungstechnik - dünne Schichten und poröse Stoffe.....	71
4.2.13	Modul 6113 Mikrofluidik.....	72
4.2.14	Modul 5204 Rheologie und Rheometrie .....	73
4.2.15	Modul 5205 Rheologie von Polymeren.....	74
4.2.16	Modul 5208 Stabilität disperser Systeme .....	76
4.2.17	Modul 5209 Kontinuumsmechanik und Strömungen nicht-Newtonscher Fluide....	78
<b>4.3</b>	<b>Fach 6200 Gas-Partikel-Systeme .....</b>	<b>79</b>
4.3.1	Modul 6105 Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen .....	80
4.3.2	Modul 5225 Gas-Partikel-Messtechnik.....	82
4.3.3	Modul 6304 Gas-Partikel-Trennverfahren .....	83
4.3.4	Modul 6307 Datenanalyse und Statistik .....	84
4.3.5	Modul 6607 Nanopartikel - Struktur & Funktion.....	85
4.3.6	Modul 6202 Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung .....	86
4.3.7	Modul 5215 Wirbelschichttechnik .....	88
<b>4.4</b>	<b>Fach 6300 Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik.....</b>	<b>90</b>
4.4.1	Modul 6105 Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen .....	91
4.4.2	Modul 6106 Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion .....	93
4.4.3	Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik .....	95
4.4.4	Modul 6108 Mischen und Rühren.....	96
4.4.5	Modul 6113 Mikrofluidik.....	98
4.4.6	Modul 6301 Fest Flüssig Trennung .....	99
4.4.7	Modul 6302 Verarbeitung nanoskaliger Partikel.....	101
4.4.8	Modul 6303 Nanopartikel - Struktur und Funktion.....	102
4.4.9	Modul 6304 Gas-Partikel-Trennverfahren .....	103
4.4.10	Modul 6305 Verfahrenstechnische Apparate und Maschinen und ihre Prozessintegration .....	104
4.4.11	Modul 6306 Materialien für elektrochemische Speicher.....	105
4.4.12	Modul 6307 Datenanalyse und Statistik .....	107
4.4.13	Modul 6308 Instrumentelle Analytik.....	108
4.4.14	Modul 6309 Partikelmesstechnik und Anwendungen.....	109
4.4.15	Modul 6311 Grenzflächeneffekte in der Verfahrenstechnik .....	111
4.4.16	Modul 6312 Projektorientiertes Softwarepraktikum.....	112
4.4.17	Modul 6202 Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung .....	113
4.4.18	Modul 5220 Bioprozessentwicklung .....	115
4.4.19	Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum.....	117
<b>4.5</b>	<b>Fach 6400 Umweltschutzverfahrenstechnik .....</b>	<b>119</b>
4.5.1	Modul 6304 Gas-Partikel-Trennverfahren .....	120
4.5.2	Modul 6401 Water Technology.....	121
4.5.3	Modul 6402 Energie und Umwelt .....	123
4.5.4	Modul 6403 Process Engineering in Wastewater Treatment .....	124
4.5.5	Modul 6404 Environmental Biotechnology .....	126
4.5.6	Modul 6405 Brennstofftechnik .....	127

4.5.7	Modul 6406 Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen .....	129
4.5.8	Modul 6202 Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung .....	133
<b>4.6</b>	<b>Fach 6500 Thermische Verfahrenstechnik .....</b>	<b>135</b>
4.6.1	Modul 6112 Trocknungstechnik - dünne Schichten und poröse Stoffe .....	136
4.6.2	Modul 6501 Wärmeübertragung II .....	137
4.6.3	Modul 6502 Thermische Trennverfahren II .....	139
4.6.4	Modul 6503 Stoffübertragung II .....	141
4.6.5	Modul 6504 Industrielle Kristallisation .....	142
4.6.6	Modul 6505 Wärmeübertrager .....	144
4.6.7	Modul 6506 Statistische Thermodynamik .....	145
4.6.8	Modul 6507 Thermodynamik der Phasengleichgewichte .....	147
4.6.9	Modul 6508 Theorie turbulenter Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung .....	148
4.6.10	Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik .....	150
4.6.11	Modul 6511 Angewandte Molekulare Thermodynamik .....	152
4.6.12	Modul 6512 Messtechnik in der Themofluidodynamik .....	153
4.6.13	Modul 6513 Solare Prozesstechnik .....	154
<b>4.7</b>	<b>Fach 6600 Produktgestaltung .....</b>	<b>155</b>
4.7.1	Modul 5112 Ausgewählte Formulierungstechnologien .....	156
4.7.2	Modul 6106 Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion .....	158
4.7.3	Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik .....	160
4.7.4	Modul 6109 Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie .....	161
4.7.5	Modul 6504 Industrielle Kristallisation .....	163
4.7.6	Modul 6601 Produktgestaltung: Grundlagen und ausgewählte Beispiele .....	165
4.7.7	Modul 6602 Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis .....	167
4.7.8	Modul 6603 Lebensmittelverfahrenstechnik .....	169
4.7.9	Modul 6604 Lebensmittelkunde und -funktionalität .....	171
4.7.10	Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum .....	172
4.7.11	Modul 6606 Produktentstehung - Entwicklungsmethodik .....	174
4.7.12	Modul 6607 Nanopartikel - Struktur & Funktion .....	176
4.7.13	Modul 5204 Rheologie und Rheometrie .....	177
4.7.14	Modul 5205 Rheologie von Polymeren .....	178
4.7.15	Modul 5208 Stabilität disperser Systeme .....	180
<b>4.8</b>	<b>Fach 6700 Chemische Verfahrenstechnik .....</b>	<b>182</b>
4.8.1	Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum .....	183
4.8.2	Modul 6701 Reaktionstechnik mehrphasiger Systeme .....	185
4.8.3	Modul 6702 Heterogene Katalyse II .....	187
4.8.4	Modul 6703 Reaktionskinetik .....	189
4.8.5	Modul 6704 Messmethoden in der chemischen Verfahrenstechnik mit Praktikum .....	190
4.8.6	Modul 6705 Auslegung von Mikroreaktoren .....	191
4.8.7	Modul 6706 Katalytische Mikroreaktoren mit Praktikum .....	193
<b>4.9</b>	<b>Fach 6800 Chemische Energieträger - Brennstofftechnologie .....</b>	<b>195</b>
4.9.1	Modul 6405 Brennstofftechnik .....	196
4.9.2	Modul 6406 Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen .....	198
4.9.3	Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik .....	202
4.9.4	Modul 6801 Energieträger aus Biomasse .....	204
4.9.5	Modul 6803 Katalytische Verfahren der Gastechnik .....	206
4.9.6	Modul 6804 Raffinerietechnik - flüssige Energieträger .....	208
4.9.7	Modul 6805 Technical Systems for Thermal Waste Treatment .....	210
4.9.8	Modul 6806 Grundlagen der Verbrennungstechnik .....	212
4.9.9	Modul 6807 Angewandte Verbrennungstechnik .....	213
4.9.10	Modul 6808 Chemische Verfahrenstechnik II .....	215

4.9.11	Modul 5215 Wirbelschichttechnik .....	217
<b>4.10</b>	<b>Fach 6900 Technische Thermodynamik .....</b>	<b>219</b>
4.10.1	Modul 6502 Thermische Trennverfahren II .....	220
4.10.2	Modul 6506 Statistische Thermodynamik.....	222
4.10.3	Modul 6507 Thermodynamik der Phasengleichgewichte.....	224
4.10.4	Modul 6511 Angewandte Molekulare Thermodynamik .....	225
4.10.5	Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum.....	226
4.10.6	Modul 6901 Kältetechnik B - Grundlagen der industriellen Gasgewinnung .....	228
4.10.7	Modul 6902 Physical Foundations of Cryogenics.....	229
4.10.8	Modul 6903 Cryogenic Engineering .....	231
4.10.9	Modul 6904 Grenzflächenthermodynamik.....	232
4.10.10	Modul 6905 Überkritische Fluide und deren Anwendungen.....	233
4.10.11	Modul 6906 Vakuumtechnik I .....	234
4.10.12	Modul Thermo- und Partikeldynamik disperser Systeme.....	235
<b>4.11</b>	<b>Fach 7000 Lebensmittelverfahrenstechnik .....</b>	<b>236</b>
4.11.1	Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik .....	237
4.11.2	Modul 6112 Trocknungstechnik - dünne Schichten und poröse Stoffe .....	238
4.11.3	Modul 6401 Water Technology.....	239
4.11.4	Modul 6602 Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis .....	241
4.11.5	Modul 6603 Lebensmittelverfahrenstechnik .....	243
4.11.6	Modul 6604 Lebensmittelkunde und -funktionalität .....	245
4.11.7	Modul 7001 Lebensmittelverfahrenstechnisches Praktikum .....	246
4.11.8	Modul 7002 Microbiology for Engineers .....	248
4.11.9	Modul 7003 Grundlagen der Lebensmittelchemie.....	250
4.11.10	Modul 7006 Ernährungsphysiologische Konsequenzen der Lebensmittelverarbeitung .....	251
4.11.11	Modul 7004 Membrane Technologies and Excursions .....	252
<b>4.12</b>	<b>Fach 7100 Wassertechnologie .....</b>	<b>254</b>
4.12.1	Modul 6308 Instrumentelle Analytik.....	255
4.12.2	Modul 6401 Water Technology.....	256
4.12.3	Modul 6403 Process Engineering in Wastewater Treatment .....	258
4.12.4	Modul 6404 Environmental Biotechnology .....	260
4.12.5	Modul 7002 Microbiology for Engineers .....	261
4.12.6	Modul 7004 Membrane Technologies and Excursions .....	263
4.12.7	Modul 7101 Wasserbeurteilung .....	265
4.12.8	Modul 7102 Praktikum Wassertechnologie und Wasserbeurteilung .....	267
4.12.9	Modul 7103 Struktur und Reaktionen aquatischer Huminstoffe .....	269
4.12.10	Modul 7104 Biofilm Systems .....	270
<b>4.13</b>	<b>Fach 7200 Verbrennungstechnik .....</b>	<b>272</b>
4.13.1	Modul 6405 Brennstofftechnik .....	273
4.13.2	Modul 6508 Theorie turbulenter Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung .....	275
4.13.3	Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik.....	277
4.13.4	Modul 6512 Messtechnik in der Themofluidynamik .....	279
4.13.5	Modul 6801 Energieträger aus Biomasse .....	280
4.13.6	Modul 6805 Technical Systems for Thermal Waste Treatment .....	282
4.13.7	Modul 6806 Grundlagen der Verbrennungstechnik.....	284
4.13.8	Modul 6807 Angewandte Verbrennungstechnik.....	285
4.13.9	Modul 7201 Verbrennung und Umwelt .....	287
4.13.10	Modul 7202 Auslegung einer Gasturbinenbrennkammer.....	288
4.13.11	Modul 7203 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien .....	290
4.13.12	Modul 7204 Verbrennungstechnisches Praktikum .....	291
4.13.13	Modul 7205 Energietechnik .....	292
4.13.14	Modul 7206 Strömungs- und Verbrennungsinstabilitäten in technischen Feuerungssystemen .....	293

<b>4.14</b>	<b>Fach 7300 Technische Biologie .....</b>	<b>294</b>
4.14.1	Modul 6404 Environmental Biotechnology .....	295
4.14.2	Modul 6507 Thermodynamik der Phasengleichgewichte .....	297
4.14.3	Modul 6905 Überkritische Fluide und deren Anwendungen.....	298
4.14.4	Modul 6801 Energieträger aus Biomasse .....	299
4.14.5	Modul 7104 Biofilm Systems .....	301
4.14.6	Modul 7301 Industrielle Biokatalyse .....	303
4.14.7	Modul 7303 Kommerzielle Biotechnologie .....	305
4.14.8	Modul 7304 Biobasierte Kunststoffe .....	307
4.14.9	Modul 7305 Industrielle Genetik .....	308
4.14.10	Modul 7706 Bioelektrochemie und Biosensoren .....	309
<b>4.15</b>	<b>Fach 7400 Energieverfahrenstechnik .....</b>	<b>311</b>
4.15.1	Modul 6405 Brennstofftechnik .....	312
4.15.2	Modul 6406 Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen .....	314
4.15.3	Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik.....	318
4.15.4	Modul 6512 Messtechnik in der Themofluidodynamik .....	320
4.15.5	Modul 6801 Energieträger aus Biomasse .....	321
4.15.6	Modul 6806 Grundlagen der Verbrennungstechnik.....	323
4.15.7	Modul 6807 Angewandte Verbrennungstechnik.....	324
4.15.8	Modul 7201 Verbrennung und Umwelt .....	326
4.15.9	Modul 7202 Auslegung einer Gasturbinenbrennkammer.....	327
4.15.10	Modul 7203 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien .....	329
4.15.11	Modul 7205 Energietechnik .....	330
4.15.12	Modul 5215 Wirbelschichttechnik .....	331
<b>4.16</b>	<b>Fach 7500 Biopharmazeutische Verfahrenstechnik .....</b>	<b>333</b>
4.16.1	Modul 7303 Kommerzielle Biotechnologie .....	334
4.16.2	Modul 7501 Industrielle Prozesstechnologie, Formulierung und.....	335
<b>4.16.3</b>	Modul 7502 Industrielle Prozesstechnologie und Prozessmodellierung in der Aufarbeitung .....	336
<b>4.16.4</b>	Modul 7503 Formulierung und Darreichung biopharmazeutischer Wirkstoffe .....	337
4.16.5	Modul 7504 Prozessmodellierung in der Aufarbeitung.....	338
4.16.6	Modul 7505 Ersatz menschlicher Organe durch technische Systeme .....	339
4.16.7	Modul 7506 Grundlagen der Medizin für Ingenieure .....	340
4.16.8	Modul 7507 BioMEMS I - Mikrosystemtechnik für Life-Sciences und Medizin ....	341
4.16.9	Modul 7508 BioMEMS II .....	342
4.16.10	Modul 7509 BioMEMS III .....	343
4.16.11	Modul 7510 BioMEMS IV – Beispiele und Anwendungen.....	344
4.16.12	Modul 7511 BioMEMS V Neurovaskuläre Interventionen .....	345
4.16.13	Modul 7706 Bioelektrochemie und Biosensoren .....	346
4.16.14	Modul 7707 Biomimetische Grenzflächen und Biokonjugation .....	348
4.16.15	Modul 6301 Fest Flüssig Trennung .....	349
4.16.16	Modul 5220 Bioprozessentwicklung .....	351

# 1 NEU im Sommersemester 18

## 1.1 Neue Module:

- **Thermo- und Partikeldynamik disperser Systeme**  
Prof. Dr.-Ing Michael Türk, 6 LP, WS  
Vertiefungsfach
  - „Technische Thermodynamik“,
- **Rheologie komplexer Fluide und moderne rheologische Messmethoden**  
Prof. Dr. Norbert Willenbacher, 4 LP, WS  
(Kombination der Vorlesungen „Rheologie disperser Systeme“ und „Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie“  
Vertiefungsfach
  - „Angewandte Rheologie“

## 1.2 Änderung der Wahlmöglichkeiten:

- Das Modul „Wirbelschichttechnik“ kann künftig in folgenden Vertiefungsfächern gewählt werden:
  - „Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie“
  - „Energieverfahrenstechnik“
  - „Gas-Partikel-Systeme“

## 1.3 Verschiebung in ein anderes Semester

- Modul 7004 “Membrane Technologies and Excursions”:  
Die Vorlesung „Membrane Technologies in Water Treatment“ wurde im WS 17/18 letztmalig im WS angeboten, ab dem SS19 wird die Vorlesung im SS angeboten werden

## 1.4 Entfallene Module

- Das Modul „Miniaturisierte Wärmeübertrager“ wird derzeit nicht angeboten.

## 1.5 Vorschau

Voraussichtlich ab dem Wintersemester 2018/2019 wird eine neue Vertiefungsrichtung „Bioökonomie“ in Kooperation mit der Universität Hohenheim angeboten.

- Vertiefungsfach I:  
„Produktionsprozesse zur stofflichen Nutzung Nachwachsender Rohstoffe“  
Vertiefungsfach-Verantwortlicher: Prof. N. Dahmen  
Dieses Vertiefungsfach wird am KIT angeboten und kann auch separat gewählt werden.
- Vertiefungsfach II:  
„Produktionsprozesse zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“  
Vertiefungsfach-Verantwortliche: Prof. A. Kruse  
Dieses Vertiefungsfach wird an der Universität Hohenheim angeboten und ist nur in Kombination mit Vertiefungsfach I wählbar. Vorlesungen im Rahmen des Vertiefungsfachs finden ausschließlich im Wintersemester statt.



## **2 Allgemeine Informationen**

### **2.1 Aufbau des Studiums**

Der Masterstudiengang Bioingenieurwesen umfasst insgesamt vier Semester und ist Teil eines konsekutiven Bachelor-Master-Studiengangs. Aufbauend auf dem Bachelorstudium erwerben die Studierenden im Fach "Erweiterte Grundlagen" ein erweitertes Basiswissen. Parallel dazu wählen die Studierenden zwei Vertiefungsfächer. Hierzu werden insgesamt 15 Vertiefungsfächer von den Lehrenden aus unterschiedlichen Instituten der KIT- Fakultät angeboten. Ergänzend können die Studierenden Module aus anderen Vertiefungsfächern im "Technische Ergänzungsfach" belegen. Im Rahmen des zwölfwöchigen Berufspraktikums erhalten die Studierenden Einblick in die Aufgaben eines Ingenieurs. In der Masterarbeit wenden die Studierenden erworbenes Wissen und erlernte Techniken an, um eigenständig ein Problem aus der aktuellen Forschung zu bearbeiten.

#### **WICHTIG:**

Bevor Sie Prüfungen im Vertiefungsfach und im Technischen Ergänzungsfach ablegen können, müssen Sie einen Prüfungsplan beim Masterprüfungsausschuss genehmigen lassen! Der Prüfungsplan muss anschließend im Studierendenportal als „bestanden“ verbucht werden, da ansonsten die Anmeldung zu den Vertiefungsfachprüfungen nicht möglich ist.

#### **Studien- und Prüfungsordnung (SPO)**

Rechtsgrundlage für den Studiengang ist die „Studien- und Prüfungsordnung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) für den Masterstudiengang Bioingenieurwesen“ vom 03. Mai 2016. Alle Verweise auf die SPO beziehen sich in diesem Modulhandbuch auf die o. g. SPO.

Aktuelle Informationen sowie alle relevanten Dokumente zu den Studiengängen sind auf der Homepage der Fakultät zu finden:

<http://www.ciw.kit.edu/studium.php>

## 2.2 Module in englischer Sprache/ English Lectures

### Vertiefungsfach Wassertechnologie/ Water Technology

• Water Technology	6 ECTS	WS
• Membrane Technologies and Excursions	6 ECTS	WS/ SS
• Process Engineering in Wastewater Treatment	6 ECTS	WS
• Practical Course in Water Technology	4 ECTS	SS
• Microbiology for Engineers	4 ECTS	SS
• Environmental Biotechnology	4 ECTS	WS
• Biofilm Systems	4 ECTS	SS

### Vertiefungsfach Verbrennungstechnik/ Combustion Technology

• Technical Systems for Thermal Waste Treatment	6 ECTS	WS
---	--------	----

### Vertiefungsfach Technische Thermodynamik/ Technical Thermodynamics

• Physical foundations of cryogenics	6 ECTS	SS
• Cryogenic engineering	6 ECTS	WS

### Für andere Fakultäten/ Studiengänge

• Energy from Biomass	4 ECTS	WS
• Chemical Fuels	4 ECTS	SS

## 2.3 Fach- und Modulübersicht

Fach	Modul	Lehrveranstaltung	Koordinator	LP
Erweiterte Grundlagen	Prozess- und Anlagentechnik (Pflichtmodul)	Vorlesung	Kolb	8
		Praktikum		
	Wahlpflicht: 4 Module/ 24 LP aus:			
	Biopharmazeutische Aufbereitungsverfahren	Vorlesung/ Übung	Hubbuch	6
	Biotechnologische Stoffproduktion	Vorlesung/ Übung	Syldatk	6
	Integrierte Bioprozesse	Vorlesung/ Übung	Posten	6
	Ausgewählte Formulierungstechnologien	Vorlesung/ Übung	Karbstein	6
Alternativ: Maximal 2 Wahlpflichtmodule aus den Erweiterten Grundlagen M. Sc. Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik				6
<b>!!Prüfungsplan: Genehmigung des Prüfungsausschusses vor der Anmeldung zu Prüfungen in Vertiefungsfächern und Modulen im Technischen Ergänzungsfach erforderlich!!</b>				
Vertiefungsfach I	Wahlpflichtmodul I		Vertiefungsfachverantwortlicher	16
	Wahlpflichtmodul II			
	Wahlpflichtmodul III			
Vertiefungsfach II	Wahlpflichtmodul I		Vertiefungsfachverantwortlicher	16
	Wahlpflichtmodul II			
	Wahlpflichtmodul III			
Technisches Ergänzungsfach	Modul I			4
	Modul II			6
Überfachliche Qualifikationen	z. B. Modulangebote HOC oder ZaK			2
	Berufspraktikum			14
	Masterarbeit			30

LP: Leistungspunkte (ECTS), SWS: Semesterwochenstunden

Insgesamt stehen **15 Vertiefungsfächer** zur Auswahl. Eine übersichtliche Darstellung der Vertiefungsfächer mit allen enthaltenen Modulen ist unter folgendem Link zu finden:

<http://www.ciw.kit.edu/1441.php>

Im **Technischen Ergänzungsfach** können folgende Module gewählt werden

- alle Module des Vertiefungsfachkatalogs (Kapitel 4)
- alle Module aus Kapitel 3.3
- Mit genehmigung des Prüfungsausschusses Module von anderen Fakultäten.

## 2.4 Lehrveranstaltungen/ Semesterübersicht

	1. Semester (WS)				2. Semester (SS)			
	V	Ü	P	LP	V	Ü	P	LP
Prozess- und Anlagentechnik Teil I	2		1	4	2	1		4
Wahlpflicht I	3	1		6				
Wahlpflicht II	3	1		6				
Wahlpflicht III					3	1		6
Wahlpflicht IV					3	1		6
Technisches Ergänzungsfach	2	1		6	1	1		4
Nichttechnisches Nebenfach (SQL)								2
Vertiefung I				4				4
Vertiefung II				4				4
<i>Summe LP</i>				30				30

	3. Semester (WS)				4. Semester (SS)			
	V	Ü	P	LP	V	Ü	P	LP
Industriepraktikum (12 Wochen)				14				
Vertiefung I				8				
Vertiefung II				8				
Masterarbeit								30
<i>Summe LP</i>				30				30

Bevor Prüfungen in den Vertiefungsfächern und im Technischen Ergänzungsfach abgelegt werden können, muss dem Masterprüfungsausschuss ein Prüfungsplan zur Genehmigung vorgelegt werden.

Das benötigte Formular kann unter folgendem Link heruntergeladen werden:

<http://www.ciw.kit.edu/1451.php>

!! Bitte melden Sie sich unbedingt im Studierendenportal zur Prüfung Nr. 6005 „Studienplan“ an!!

## 2.4.1 Empfohlener Studienablaufplan

Der Studienbeginn ist sowohl im Sommersemester als auch im Wintersemester möglich. Es wird empfohlen, in den ersten beiden Semestern die Wahlpflichtfächer zu absolvieren sowie Vorlesungen in den Vertiefungsfächern zu besuchen. Die erste Hälfte des dritten Semesters dient dann der Vorbereitung zu den Vertiefungsfachprüfungen, die meistens als Blockprüfungen angeboten werden. D. h., dass alle Module eines Vertiefungsfachs in einem gemeinsamen Termin geprüft werden. Im Anschluss an die Vertiefungsfachprüfungen kann das Berufspraktikum absolviert werden. Im vierten Semester wird die Masterarbeit angefertigt.

### Beginn im Sommersemester

1. Semester							2. Semester						3. Semester						4. Semester					
April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	
Pat Teil II 3 LP							Pat Teil I 5 LP						Pr						K					
WP I 6 LP							WP I 6 LP						K						K					
WP II 6 LP							WP II 6 LP						K						K					
TEF 6 LP							TEF I 4 LP						M						M					
VF I 4 LP							VF I 4 LP						P 8 LP						P 8 LP					
VF II 4 LP							VF II 4 LP						P 8 LP						P 8 LP					
ÜQ 2 LP							ÜQ 2 LP						M						M					
31 LP							29 LP						30 LP						30 LP					
Prüfungen: 4							Prüfungen: 4						Prüfungen: 6						Prüfungen: 6					
Pat: Prozess -und Anlagentechnik							TEF: Technisches Ergänzungsfach						K: Klausur						M: Mündliche Prüfung					
WP: Wahlpflicht							ÜQ: Überfachliche Qualifikationen						M: Mündliche Prüfung						P: Prüfungsvorbereitung und Prüfung Vertiefungsfach					
VF: Vertiefungsfach							Pr: Praktikum						P: Prüfungsvorbereitung und Prüfung Vertiefungsfach											

### Beginn im Wintersemester

1. Semester						2. Semester						3. Semester						4. Semester					
Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September
Pat Teil I 5 LP						Pat Teil II 3 LP						K						K					
WP I 6 LP						WP III 6 LP						K						K					
WP II 6 LP						WP IV 6 LP						K						K					
TEF I 6 LP						TEF 4 LP						M						M					
VF I 4 LP						VF I 4 LP						P 8 LP						P 8 LP					
VF II 4 LP						VF II 4 LP						P 8 LP						P 8 LP					
ÜQ 2 LP						ÜQ 2 LP						M						M					
31 LP						29 LP						30 LP						30 LP					
Prüfungen: 3						Prüfungen: 5						Prüfungen: 6						Prüfungen: 6					
Pat: Prozess -und Anlagentechnik						TEF: Technisches Ergänzungsfach						K: Klausur						M: Mündliche Prüfung					
WP: Wahlpflicht						ÜQ: Überfachliche Qualifikationen						M: Mündliche Prüfung						P: Prüfungsvorbereitung und Prüfung Vertiefungsfach					
VF: Vertiefungsfach						Pr: Praktikum						P: Prüfungsvorbereitung und Prüfung Vertiefungsfach											

## 2.5 Qualifikationsziele des Studiengangs

Im Masterstudium werden vertiefte und umfangreiche ingenieurwissenschaftliche sowie mathematische und naturwissenschaftliche Kenntnisse vermittelt, die die Absolventinnen und Absolventen zu wissenschaftlicher Arbeit und verantwortlichem Handeln bei einer beruflichen Tätigkeit und in der Gesellschaft befähigen.

Im Pflichtprogramm erwerben die Studierenden ein gegenüber dem Bachelorstudium wesentlich erweitertes methodisch qualifiziertes ingenieur- und naturwissenschaftliches Grundlagenwissen, das exemplarisch in zwei frei zu wählenden Vertiefungsfächern weiterentwickelt wird. In der Masterarbeit erfolgt der Nachweis, dass die Absolventen ein Problem aus ihrem Fachgebiet selbstständig und in begrenzter Zeit mit wissenschaftlichen Methoden, die dem Stand der Forschung entsprechen, bearbeiten können. Das Berufspraktikum soll eine Anschauung berufspraktischer Tätigkeit auf Ingenieursniveau vermitteln.

Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, Probleme mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren und zu lösen, komplexe Problemstellungen zu abstrahieren und zu formulieren sowie neue Methoden, Prozesse und Produkte zu entwickeln. Sie können Wissen aus verschiedenen Bereichen kombinieren und sich systematisch in neue Aufgaben einarbeiten sowie auch die nichttechnischen Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit reflektieren und in ihr Handeln verantwortungsbewusst einbeziehen

### **3 Module**

#### **3.1 Modul Masterarbeit**

**Leistungspunkte:** 30.00 ECTS

**Sprache:** Deutsch/ Englisch

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Voraussetzung für die Zulassung zum Modul Masterarbeit ist, dass die/der Studierende im Fach „Erweiterte Grundlagen“ die Modulprüfung „Prozess- und Anlagentechnik“ sowie drei weitere Modulprüfungen in diesem Fach und das Berufspraktikum erfolgreich abgelegt hat. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss auf Antrag der/des Studierenden.

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage, ein Problem aus ihrem Fach selbständig und in begrenzter Zeit nach wissenschaftlichen Methoden, die dem Stand der Forschung entsprechen, zu bearbeiten.

#### **Inhalt**

Theoretische oder experimentelle Bearbeitung einer komplexen Problemstellung aus einem Teilbereich des Bioingenieurwesens nach wissenschaftlichen Methoden.

#### **Arbeitsaufwand**

Selbststudium: 900 h

## 3.2 5100 Erweiterte Grundlagen

### Notenbildung

Die Noten der Module eines Faches gehen in die Fachnote mit einem Gewicht proportional zu den ausgewiesenen Leistungspunkten der Module ein.

### Allgemeine Hinweise

#### **Pflichtmodul:**

Prozess- und Anlagentechnik 8 LP

#### **Wahlpflichtmodule:**

Es sind vier weitere Module im Umfang von je 6 LP zu wählen.

Im Studiengang Master Bioingenieurwesen werden folgende Wahlpflichtmodule angeboten:

- Biopharmazeutische Aufarbeitungsverfahren
- Biotechnologische Stoffproduktion
- Integrierte Bioprozesse
- Ausgewählte Formulierungstechnologien

Alternativ können maximal zwei Wahlpflichtmodule (je 6 LP) aus dem Fach "Erweiterte Grundlagen" des Studiengangs M. Sc. Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik gewählt werden (bitte informieren Sie sich über erforderliche Vorkenntnisse!):

- Kinetik und Katalyse
- Partikeltechnik
- Numerische Strömungssimulation
- Thermodynamik III
- Physikalische Chemie
- Thermische Transportprozesse



### 3.2.1 Modul 5101 Prozess- und Anlagentechnik

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 6,0 Std.

**Moduldauer:** 2 Semester      **Modulturnus:** Jährlich

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kolb

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Die Teilnahme am Praktikum Prozess- und Anlagentechnik ist nur nach erfolgreicher Teilnahme an der Eingangsklausur möglich.

Es wird empfohlen, die Klausur erst nach Absolvieren des Praktikums zu schreiben, da Praktikumsinhalte klausurrelevant sind

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage Verfahren und die dazugehörigen verfahrenstechnischen Anlagen zu analysieren und in Form von Fließschemata darzustellen. Sie können ingenieurtechnische und verfahrenstechnische Grundlagen auf Prozesse und Verfahren der Industrie anwenden. Sie können Prozessschritte und Prozessketten auf Basis vereinfachender Annahmen und Kennzahlen auslegen und bewerten.

#### **Inhalt**

- Ingenieurtechnische Grundlagen: Fließschemata, flowsheet-Simulation, Prozessoptimierung, Sicherheitsaspekte, Wirtschaftlichkeitsbewertung
- Anwendung der ingenieurtechnischen Grundlagen im Praktikum: Verfahrenstechnik in der technischen Anwendung, Industrielle Produktionsprozesse: z. B.: Steamcracker, Methanol, Schwefelsäure, Ammoniak, Zement, Zellstoff

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2000. ISBN 9783527306732.
- **Baerns, M., et al.** *Technische Chemie*. 2., erw. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH, 2013. ISBN 978-3-527-67409-1.
- **Weber, K.** *Engineering verfahrenstechnischer Anlagen. Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen*. Berlin: Springer Vieweg, 2014. SpringerLink : Bücher. ISBN 978-3-662-43529-8.
- **Perry, R., D. Green und J. Maloney.** *Perry's chemical engineer's handbook*. 7. ed. New York: McGraww-Hill, 1999. ISBN 0-07-049841-5.
- **Levenspiel, O.** *Chemical reaction engineering*. 3rd ed. New York: Wiley, 1999. ISBN 047125424X.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 43 h
- Selbststudium: 87 h
- Prüfungsvorbereitung: 80 h
- Praktikum: Präsenzzeit: 9 h + Vor- & Nachbereitungszeit: 21 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Die Modulprüfung besteht aus drei Teilleistungen:

- 1) Eine schriftliche Prüfung im Umfang von 180 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO
- 2) Ein Praktikum Prozess- und Anlagentechnik, unbenotete Studienleistung nach § 4 (3) SPO
- 3) Einer Zulassungsklausur zum Praktikum Prozess- und Anlagentechnik, unbenotete Studienleistung nach §4 (3) SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22301 - Prozess- und Anlagentechnik I, Grundlagen der Ingenieurtechnik, V + Ü, 2 SWS (WS)
- 22302 - Prozess- und Anlagentechnik II, V + Ü, 3 SWS (SS)
- 22311 - Praktikum Prozess- und Anlagentechnik, 1 SWS (WS), Pflicht

### 3.2.2 Modul 5102 Thermodynamik III

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Sabine Enders

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Voraussetzungen: Keine; Empfehlungen: Thermodynamik I und II

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind vertraut mit den grundlegenden Prinzipien zur Beschreibung von komplexen Mischphasen und von Gleichgewichten einschließlich Gleichgewichten mit chemischen Reaktionen. Sie sind in der Lage, geeignete Stoffmodelle auszuwählen und die Zustandsgrößen realer Mehrstoffsysteme zu berechnen.

**Inhalt**

Phasen- und Reaktionsgleichgewichte realer Systeme, Zustandsgleichungen für reale Mischungen, Aktivitätskoeffizientenmodelle, Polymerlösungen, Proteinlösungen, Elektrolytlösungen.

**Literatur/Lernmaterialien**

- Stephan, P., Schaber, K., Stephan, K., Mayinger, F.: Thermodynamik, Band 2, 15. Auflage, Springer Verlag, 2010.
- Sandler, S. I.: Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics, J. Wiley & Sons, 2008.
- Gmehling, J, Kolbe, B., Kleiber, M., Rarey, J.: Chemical Thermodynamics for Process Simulations, Wiley-VCG Verlag, 2012

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung im Umfang von 90 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO.

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22008 Thermodynamik III
- 22009 Übung zu Thermodynamik III

### 3.2.3 Modul 5103 Physikalische Chemie mit Praktikum

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 5,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

PD Dr. Detlef Nattland

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Zur Klausurteilnahme ist das erfolgreich bestandene Praktikum Voraussetzung. Ausnahmen sind nur in begründeten Einzelfällen möglich.

#### **Qualifikationsziele**

V+Ü: Die Studierenden verstehen die wesentlichen Grundlagen der Quantenmechanik, die für die Anwendung der spektroskopischen Methoden erforderlich sind. Sie können die ausgewählten spektroskopischen Methoden verstehen, anwenden und zur Beurteilung, Analyse und Lösung ingenieurwissenschaftlicher Problemstellungen einsetzen. Sie verstehen den thermodynamischen Formalismus zur Beschreibung von Grenzflächenphänomenen. Sie können Vorgänge der Be- und Entnetzung, der Keimbildung und der Ad- und Desorption im Rahmen dieses Formalismus analysieren. Sie können elektrochemische Zellen im Rahmen der Thermodynamik heterogener Systeme mit geladenen Teilchen verstehen und analysieren. Sie verstehen das Transportverhalten geladener Teilchen in Lösung. Sie können die Debye-Hückel-Theorie auf thermodynamische und Transport-Phänomene anwenden. Mit Hilfe dieser Kenntnisse können sie sich komplexere elektrochemische Fragestellungen wie z. B. Batterien, Brennstoffzellen und Korrosionsprozesse erarbeiten.

P: Im Rahmen des Praktikums führen sie ausgewählte Projekte durch. Angefangen von vorbereitender Einarbeitung, über die praktische Bearbeitung, bis hin zur Auswertung der erhaltenen Daten und der schriftlichen Darstellung vertiefen sie Kenntnisse anhand ausgewählter experimenteller Beispiele. Sie können die experimentellen Ergebnisse interpretieren in Hinblick auf die wissenschaftliche Aussagekraft und die Genauigkeit.

#### **Inhalt**

V+Ü: Darstellung von Grundlagen und Anwendung von chemieingenieurwissenschaftlich relevanten physikalisch-chemischen Problemen:

Grundlagen der Quantenmechanik und ihre Anwendung auf die Spektroskopie, FTIR-Absorptionsspektroskopie, UV-VIS Spektroskopie, Ramanspektroskopie, NMR-Spektroskopie; Thermodynamik der Grenzflächen, Gibbssche Adsorptionsisotherme, Adsorption an festen Oberflächen, Langmuir- und BET-Isotherme, Keimbildung und Nukleation; Elektrochemie, Thermodynamik heterogener Systeme unter Einschluss geladener Teilchen, Elektrochemische Zellen, Debye-Hückel-Theorie, Wanderung von Ionen im elektrischen Feld, technische Anwendungsbeispiele der Elektrochemie.

P: Durchführung ausgewählter Versuche aus dem Bereich Physikalische Chemie, Vertiefung der theoretischen Kenntnisse an ausgewählten Beispielen.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- 1) P. W. Atkins, J. de Paula, Physikalische Chemie (aktuelle Ausgabe), Wiley-VCH, Weinheim;
- 2) G. Wedler, Lehrbuch der Physikalischen Chemie (aktuelle Ausgabe), Wiley-VCH, Weinheim;
- 3) Begleitend zu Vorlesung und Übung wird ein kompaktes Skriptum zur Verfügung gestellt.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit V + Ü: 3 SWS; 45 h
- Selbststudium V+Ü: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h
- Praktikum: 4 Versuche; 16 h
- Praktikum Vor- und Nachbereitung; 44 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle besteht aus zwei Teilleistungen:

1. Schriftliche Prüfung im Umfang von 90 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 SPO.
2. Praktikum; unbenotete Studienleistung nach § 4 Abs. 3 SPO.

### **Notenbildung**

Die Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 5209 Physikalische Chemie für Chemieingenieure 2V,
- 5210 Übung zu Physikalische Chemie 1Ü,
- 5229 Physikalisch-chemisches Praktikum für Chemieingenieure

### 3.2.4 Modul 5104 Numerische Strömungssimulation

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Hermann Nirschl

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Empfehlung: Vorlesung Fluiddynamik

#### **Qualifikationsziele**

Erarbeitung der Grundlagen der Numerischen Strömungstechnik um selbständig Berechnungen durchführen zu können

#### **Inhalt**

Navier-Stokes Gleichungen, numerische Lösungsverfahren, Turbulenz, Mehrphasenströmungen

#### **Literatur/Lernmaterialien**

1. Nirschl: Skript zur Vorlesung CFD
2. Ferziger, Peric: Numerische Strömungsmechanik
3. Oertel, Laurien: Numerische Strömungsmechanik

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 64 h
- Selbststudium: 56 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung im Umfang von 90 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO.

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22958 - Numerische Strömungssimulation, 2V
- 22959 - Übung zu Numerische Strömungssimulation, 1Ü

### 3.2.5 Modul 5105 Thermische Transportprozesse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können wissenschaftliche Methoden zur systematischen physikalischen Beschreibung thermischer Transportprozesse bei der Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Grundoperationen anwenden. Ferner können die Studierenden die Anwendung dieser Werkzeuge auf für sie neue Prozesse und Fragestellungen übertragen. Dabei besitzen sie Fertigkeiten in der quantifizierenden Anwendung des erlernten Fachwissens mit Hilfe von numerischen Rechenwerkzeugen.

#### **Inhalt**

Vertiefte Wärme- und Stoffübertragung und Grundlagen der Prozesssimulation mit Bezug zu thermischen Trennverfahren

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- v. Böckh/Wetzel: Wärmeübertragung
- Mersmann/Kind/Stichlmair: Thermische Verfahrenstechnik

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung im Umfang von 180 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO.

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22824 - Thermische Transportprozesse, 2V
- 22825 - Übung zu Thermische Transportprozesse 2Ü

### 3.2.6 Modul 5106 Partikeltechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Empfehlung: Vorlesung Mechanische Verfahrenstechnik oder gleichwertige Lehrveranstaltung

#### **Qualifikationsziele**

Studierende entwickeln ein fortgeschrittenes Verständnis des Verhaltens von Partikeln und Partikelsystemen in wichtigen Ingenieur Anwendungen; sie können dieses Verständnis für die Berechnung und Auslegung ausgewählter Prozesse nutzen.

#### **Inhalt**

Verhalten von Partikeln und dispersen Systemen anhand technisch relevanter Problemstellungen und wichtiger Grundoperationen der Partikeltechnik.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Skript, Fachbücher

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung im Umfang von 120 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22975 Partikeltechnik, 2V
- 22976 Übung zu Partikeltechnik, 2 Ü

#### **Dozenten**

Prof. Dr. A. Dittler



### 3.2.7 Modul 5107 Kinetik und Katalyse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 5,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Bettina Kraushaar-Czarnetzki

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Studierende werden in die Kinetik von molekularem Transport und chemischen Reaktionen eingeführt. Sie lernen die Katalyse als kinetisches Phänomen kennen und verstehen. Sie sind in der Lage, die Kinetiken von homogen, enzymatisch und heterogen katalysierten Prozessen zu analysieren und zu deuten.

#### **Inhalt**

Kinetische Gastheorie; molekularer Transport in Gasen und Flüssigkeiten; Diffusivität in porösen Feststoffen; molekulare Wechselwirkungen und Lennard-Jones Potenzial; Kinetik von Homogenreaktionen; Adsorption an Feststoffoberflächen und Sorptionskinetik; Elemente der Kinetik katalysierter Reaktionen (homogene Säure-Base-Katalyse, Enzymkatalyse, heterogene Katalyse).

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- B. Kraushaar-Czarnetzki: Skript (<https://ilias.studium.kit.edu>);
- P.W. Atkins: Physical Chemistry (Oxford University Press, 1998);
- R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot: Transport Phenomena (Wiley, 2007)
- B.C. Gates: Catalytic Chemistry (Wiley, 1992)
- G. Ertl: Reactions at Solid Surfaces (Wiley, 2009)

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 42 h
- Repetitorium: 28 h
- Selbststudium: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung im Umfang von 60 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO.

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22119/ 22120 - Kinetik und Katalyse, 2V + 1 Ü
- 22121 - Repetitorium zu Kinetik und Katalyse, 2Ü

### 3.2.8 Modul 5108 Biotechnologische Stoffproduktion

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. rer.nat. Christoph Syldatk

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Die Prüfungsvorleistung ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Klausur.

Folgende Kenntnisse werden vorausgesetzt: Biochemie, Genetik, Zellbiologie, Mikrobiologie.

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind dazu in der Lage, das Wissen über Prozesse zur biotechnologischen Stoffproduktion auf Fragestellungen zu neuen Produktionsprozessen anzuwenden. Sie erkennen gemeinsame Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der verschiedenen Prozesse. Sie können selbstständig Aufgabenstellungen zur Entwicklung von Prozessschemata lösen und dazu das in der Vorlesung vermittelte Wissen gebrauchen.

#### **Inhalt**

Nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Biotechnologie werden zunächst gemeinsame Grundprinzipien biotechnologischer Produktionsverfahren vorgestellt. An aktuellen Beispielen werden zunächst mikrobielle Verfahren der Industriellen Biotechnologie, der Naturstoffproduktion mit pflanzlichen Zellkulturen und der pharmazeutischen Biotechnologie mit tierischen Zellkulturen sowie wichtige enzymatische Verfahren vorgestellt. Dieses beinhaltet u.a. die Herstellung mikrobieller Biomasse, organischer Säuren, von Alkoholen und Ketonen, Aminosäuren, Vitaminen, Antibiotika, Enzymen, Biopolymeren, Aromastoffen sowie von Naturstoffen mit pflanzlichen Zellkulturen sowie von monoklonalen Antikörpern und Biopharmazeutika mit tierischen Zellkulturen im industriellen Maßstab.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- H. Sahn, G. Antranikian, K.-P. Stahmann, R. Takors (Eds.): Industrielle Mikrobiologie, Springer-Spektrum-Verlag 2012 (ISBN 978-3-8274-3039-7)
- H. Chmiel (Ed.): Bioprozesstechnik, Springer-Spektrum-Verlag 3. Auflage 2011 (ISBN 978-3-8274-2476-1)

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 40 h
- Vorbereitung Referat im Rahmen des Seminars: 20 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

Erweiterte Grundlagen

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Die Erfolgskontrolle besteht aus zwei Teilleistungen:

- Prüfungsvorleistung: Seminarvortrag im Umfang von ca. 10 Minuten im Rahmen der Lehrveranstaltung; Studienleistung nach § 4 (3) SPO
- schriftliche Prüfung im Umfang von 120 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22410 - Biotechnologische Stoffproduktion, 4V mit integriertem Seminar

Zusätzlich werden Exkursionen angeboten

### 3.2.9 Modul 5109 Biopharmazeutische Aufbereitungsverfahren

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hubbuch

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Prozessentwicklung biopharmazeutischer Aufbereitungsprozesse

**Inhalt**

Detaillierte Diskussion biopharmazeutischer Aufbereitungsprozesse

**Literatur/Lernmaterialien**

Vorlesungsskript

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22705 - Biopharmazeutische Aufbereitungsverfahren, 3V
- 22706 - Übung zu Biopharmazeutische Aufbereitungsverfahren, 1Ü

### 3.2.10 Modul 5110 Integrierte Bioprozesse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Clemens Posten

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Training einer ganzheitlichen Sicht auf Bioprozesse von Biologie über Verfahrenstechnik zur Systemdynamik; die Studierenden können neue Bioprozesse kreativ und vernetzt entwickeln.

**Inhalt**

Vorstellung und Diskussion aktueller Bioprozesse; eine Linie über heterotrophe und eine Linie speziell über phototrophe Bioprozessen; Integrationsmechanismen zwischen Molekül, Zelle, Prozessstufen, Produkt und Gesellschaft werden ausführlich herausgearbeitet.

**Literatur/Lernmaterialien**

- C. Posten: Integrated Bioprocesses, De Gruyter, Berlin; Skript
- H. Chmiel et al.: Bioprosesstechnik, Springer Spektrum, Heidelberg

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung im Umfang von 120 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

22946 – Integrierte Bioprozesse

### 3.2.11 Modul 5111 Ausgewählte Formulierungstechnologien

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden verstehen die Anforderungen an Formulierungen aus dem Bereich Life Sciences. Sie können geeignete Matrix- und Hilfsstoffe auswählen. Sie kennen die Grundlagen zur Herstellung von flüssigen und festen Formulierungen und können ausgewählte Verfahren (s. Inhalte) auslegen. Sie kennen geeignete konventionelle und innovative Apparate. Sie identifizieren Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und qualitätsbestimmenden Eigenschaften von Formulierungen. Sie können Prozesswissen zwischen einzelnen Produktgruppen übertragen. Die Studierenden sind in der Lage, relevante Produkteigenschaften zu benennen und kennen Methoden, diese mit wissenschaftlichen Methoden zu charakterisieren. Sie können den Zusammenhang zwischen physikalischen Eigenschaften einer Formulierung und Qualitätsparametern erläutern. Darauf aufbauend können sie geeignete Messmethoden für die Beurteilung relevanter Eigenschaften auswählen und kennen Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung.

#### **Inhalt**

##### Hilfs- und Effektstoffe: (LV FT1: U. van der Schaaf/LVT)

Stoffklassen: Molekularer Aufbau und Eigenschaften; Aufgaben und Funktionen: z.B. Grenzflächenaktivität und Modulation der Fließeigenschaften; Messverfahren und neue Entwicklungen.

##### Emulgieren und Dispergieren: (LV FT2: H.P. Karbstein/LVT)

Besonderheiten flüssiger Formulierungen; Ziele der Verfahren; Grundlagen der Zerkleinerung und Stabilisierung von Tropfen und Partikeln in flüssiger Umgebung; Apparate-technische Umsetzung: Anlagenaufbau und Prozessauslegung; Prozess- und Eigenschaftsfunktionen; Beurteilung der Produktqualität: Grundlagen und Messverfahren; neue Entwicklungen.

##### Trocknen von Dispersionen: (LV FT3: H.P. Karbstein/LVT)

Ziele der Trocknung, Grundlagen der Haltbarkeit; Verfahren am Beispiel Sprühtrocknung, Walzentrocknung, Gefriertrocknung: Verfahrensprinzip, Anlagenaufbau und -auslegung, Prozessfunktionen. Beurteilung der Qualität von Pulvern, Instanteigenschaften: Grundlagen und Messverfahren. Agglomeration zur Verbesserung der Instanteigenschaften.

## Erweiterte Grundlagen

### Extrusionstechnik: (LV FT4: M. A. Emin/LVT)

Grundlagen der Extrusionstechnik und der Gestaltung von extrudierten Produkten: Apparateaufbau, Verfahrensauslegung, Charakterisierung des Prozesses und der Produkte (Grundlagen der Mess- und Modellierungstechnik).

Die Vorlesung ist Voraussetzung für ein Praktikum, das im Rahmen des NF oder VF LVT gewählt werden kann.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Vorlesungsskript (KIT Studierendenportal);
- Köhler, K., Schuchmann, H. P.: Emulgiertechnik, 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg, 978-3-89947-869-3, 2012.
- Bouvier, J., Campanella, O.H.: Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials, Wiley-Blackwell, 2014
- McClements, D. J.: Food Emulsions, 3. Auflage, CRC Press, 978-1-49872-668-9, 2015
- Mezger, T.G.: Das Rheologie Handbuch, 4. Auflage, Vincentz Network, 978-3866308633, 2012

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung im Umfang von 120 Minuten nach § 4 (2) Nr. 1 SPO.

Anmerkung: Zum Bestehen der Klausur muss in jedem Teilgebiet eine Mindestpunktzahl erreicht werden.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22209 - Hilfs- und Effektstoffe, V 1 SWS
- 22229 - Emulgieren und Dispergieren, V 1 SWS
- 22226 - Trocknen von Dispersionen, V 1 SWS
- 22246 - Extrusionstechnik, V 1 SWS

### **Dozenten**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein, Dr.-Ing. Ulrike van der Schaaf, Dr.- Ing. Azad Emin

### **Grundlage für**

Vertiefungsfach Lebensmittelverfahrenstechnik

### **Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann unter der Modulnummer 5112 alternativ im Vertiefungsfach "Produktgestaltung" gewählt werden (mit abweichender Erfolgskontrolle und abweichenden LP)

### 3.3 Fach 5200 Technisches Ergänzungsfach

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle in allen Modulen ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO Master Bioingenieurwesen 2016.

Wichtig: Für Module der Vertiefungsfächer ist teilweise eine abweichende Prüfungsdauer angegeben. Insbesondere in Vertiefungsfächern, die mit einer Blockprüfung über alle Module abgeschlossen werden, ist die Prüfungsdauer für die einzelnen Module häufig geringer. Im Technischen Ergänzungsfach beträgt die Prüfungsdauer in der Regel 30 Minuten!

#### **Allgemeine Hinweise**

Im Technischen Ergänzungsfach sollten zwei Module gewählt werden. Neben Modulen, die im Folgenden aufgeführt sind, sind alle Module aus den 15 Vertiefungsfächern auch im Technischen Ergänzungsfach wählbar.

Es wird empfohlen Module aus Vertiefungsfächern zu belegen, die NICHT Bestandteil der zwei gewählten Vertiefungsfächer sind.

Die im Folgenden beschriebenen Module können ausschließlich im Technischen Ergänzungsfach belegt werden.

#### **WICHTIG:**

**Es können alle Module des Vertiefungsfachkatalogs im Technischen Ergänzungsfach (Kapitel 4) gewählt werden. Module aus andere Fakultäten sind mit Genehmigung ebenfalls wählbar!**



### 3.3.1 Modul 5201 Moderne Messtechniken zur Prozessoptimierung

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 1,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr.-Ing. Marc Regier

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach „Technisches Ergänzungsfach“

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studenten können typische Produktionsprobleme identifizieren und entsprechende Messgrößen zur Ursachenfindung auswählen. Sie sind dazu fähig, zu entscheiden, welche Messmethode geeignet ist, die Messaufgabe mit der erforderlichen Genauigkeit und Reproduzierbarkeit zu lösen, um zur Prozessoptimierung beizutragen.

**Inhalt**

Typische Produktionsprobleme bei der Lebensmittelherstellung anhand von Fallbeispielen und Lösungsmöglichkeiten. Messmethodiken für Temperatur, Masse, Dichte, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, 'Stoffleitfähigkeit', Sorptionsisotherme, (Di)elektrische Eigenschaften, Magnetische Eigenschaften (NMR, MRI), Nutzen der Modellierung zur Optimierung.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 15 h (Blockvorlesung)
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 15h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 15-20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22218 – Moderne Messtechniken zur Prozessoptimierung

**Allgemeine Hinweise**

Blockveranstaltung, Termin nach Absprache.

### 3.3.2 Modul 5202 Entwicklung eines innovativen Lebensmittelprodukts

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Ulrike van der Schaaf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Technisches Ergänzungsfach"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Der Besuch von Vorlesungen der Vertiefungsfächer Lebensmittelverfahrenstechnik und/oder Produktgestaltung wird empfohlen.

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können ihr bisheriges Wissen über Lebensmittel und ihre Herstellung nutzen, um selbst ein innovatives Lebensmittelprodukt sowie einen sinnvollen Herstellungsprozess unter Berücksichtigung der Aspekte Energieeffizienz und Nachhaltigkeit zu entwickeln. Die Studierenden können Grundprinzipien des Scale ups in der Lebensmittelherstellung sowie Strategien zur großmaßstäblichen Gewährleistung der Lebensmittelqualität und –sicherheit anwenden und in Bezug auf ihr eigenes Produkt evaluieren. Sie sind mit den grundlegenden Konzepten des Marketings und der Verpackungstechnologie vertraut, können diese anwenden und bezogen auf ihr Produkt analysieren. Die Studierenden können Grundprinzipien des Projektmanagements am Beispiel der Entwicklung eines Lebensmittelprodukts anwenden und evaluieren.

#### **Inhalt**

Entwicklung eines Lebensmittelprodukts bis zur Marktreife (dies beinhaltet u.a. Lebensmittelqualität und –sicherheit, Scale-up, Marketing, Verpackung, Energieeffizienz, Nachhaltigkeit etc.); Projektmanagement.

#### **Arbeitsaufwand**

- Praktische Arbeit: 100 h
- Selbststudium: 30 h
- Ausarbeitung des Exposés: 30 h
- Vorbereitung auf das Kolloquium: 20 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist

- eine mündliche Prüfung (Kolloquium) im Umfang von 20 Minuten
- eine schriftliche Ausarbeitung

#### **Notenbildung**

Die Modulnote: Note der mündlichen Prüfung und der Note des auszuarbeitenden Exposés.

#### **Allgemeine Hinweise**

Es besteht die Möglichkeit zur Teilnahme am Wettbewerb „EcoTrophelia“.

### 3.3.3 Modul 5203 Verfahrensentwicklung in der Chemischen Industrie

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 1,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr. Jürgen Dahlhaus

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Technisches Ergänzungsfach"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Das Modul wird Studierenden empfohlen, die bereits weit im Studium fortgeschritten sind.

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden haben einen praxisnahen Einblick in die Erfordernisse und Vorgehensweisen bei der Prozessgestaltung in der Chemischen Industrie gewonnen. Sie sind in der Lage, einfache Zusammenhänge und Fragestellungen mit industriellem Kontext zu verstehen und kompetent zu beurteilen und dabei ihr im Studium erlerntes Wissen an praktischen Beispielen zu spiegeln.

**Inhalt**

In der Vorlesung werden anhand von Vorträgen, praktischen Beispielen, Übungen und Betriebsbesichtigungen die Erfordernisse an und die Vorgehensweise bei der Verfahrensentwicklung in der Chemischen Industrie behandelt.

**Literatur/Lernmaterialien**

Skript

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: ca. 30 h (3 x 10 h)

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist ein schriftlicher Test, der zum Ende der Veranstaltung durchgeführt wird.

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note des schriftlichen Tests.

**Lehrveranstaltungen**

- 22820 Blockveranstaltung

**Allgemeine Hinweise**

Täglicher Bustransport von KIT-CS nach Ludwigshafen und zurück

### 3.3.4 Modul 5230 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Investitionsprojekten

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 1,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Technisches Ergänzungsfach"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können verfahrenstechnische Fragestellungen in betriebswirtschaftliche Denkweisen übersetzen. Sie können die Methodik industrieller Entscheidungsfindung beschreiben und anwenden, sowie wesentliche Risiken und Einflussparameter auf Investitionsentscheidungen frühzeitig identifizieren..

**Inhalt**

Die Entscheidung eines Unternehmens über eine Investition in eine Produktionsanlage oder in Forschung und Entwicklung beruht auf betriebswirtschaftlichen Kriterien.

In diesem Kurs mit begleitenden Workshops werden die relevanten betriebswirtschaftlichen Grundlagen und die Methodik der Wirtschaftlichkeitsbewertung von Investitionsprojekten anhand von industrienahen Fallbeispielen vermittelt.

Die Lehrveranstaltung ist in fünf aufeinander aufbauende Blöcke eingeteilt. Sie bestehen jeweils aus Präsentationen, Diskussionen, Gruppenarbeiten und Vertiefungsübungen..

**Literatur/Lernmaterialien**

Skript

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 15 h (Blockvorlesung)
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 15 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO. Voraussetzung ist die Teilnahme an einer Fallstudie.

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

22553 – Wirtschaftlichkeitsbewertung von Investitionsprojekten

### 3.3.5 Modul 5206 Rheologie Disperser Systeme

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 1,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. N. Willenbacher

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Technisches Ergänzungsfach"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage das rheologische Verhalten komplexer Fluide wie Suspensionen, Emulsionen und Schäume zu beschreiben. Sie haben den Zusammenhang zwischen Fließverhalten, Partikel- bzw. Tropfenwechselwirkung und Mikrostruktur der Fluide verstanden. Sie kennen den Zusammenhang zwischen dem Fließ- und dem verfahrenstechnischen Verhalten der komplexen Fluide und Möglichkeiten ein gewünschtes Verhalten einzustellen.

**Inhalt**

Grundlagen der Rheometrie, Rheologische Phänomene, Lineare Viskoelastizität

Suspensionen und Dispersionen

Grundlagen DLVO-Theorie, Fließverhalten elektrostatisch, sterisch und elektrosterisch stabilisierte Systeme

Harte Kugeln und repulsive wechselwirkende Partikel, Scherverdickung

Rheologie und maximale Packungsdichte, Kugeln, Stäbchen, Plättchen

Partikelgrößenverteilung und Viskosität, Attraktiv wechselwirkende Partikel und aggregierte Suspensionen und Gele

Emulsionen und Schäume

Herstellung von Emulsionen, Emulsionsstabilität, Tropfendeformation und –aufbruch, Fließeigenschaften verdünnte und halb-verdünnte Emulsionen, konzentrierte Emulsionen und Schäume

Tenside

Tensidstrukturen, Phasendiagramme, Struktur und Rheologie.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 15 h
- Selbststudium: 35 h
- Prüfungsvorbereitung: 10 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO. Voraussetzung ist die Teilnahme an einer Fallstudie.

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

Rheologie disperser Systeme (wird erstmals im SS18 angeboten)

### 3.3.6 Modul 5207 Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 1,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr. C. Oelschlaeger

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Technisches Ergänzungsfach"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen das Prinzip der Mikrorheologie und die verschiedenen Methoden, welche in Abhängigkeit vom Stoffsystem verwendet werden können. Die Studierenden sind insbesondere mit Diffusing Wave Spectroscopy und Multiple Particle Tracking Methoden vertraut. Aus rheologischen Daten der DWS können sie auf die Biegesteifigkeit semiflexibler Objekte (Mizellen, Polymere, Fasern) zurückschließen. Mit der MPT können die Studierenden rheologische Eigenschaften orts aufgelöst auf mikroskopischer Ebene erfassen.

Die Studierenden sind mit den verschiedenen Hochfrequenz Methoden vertraut. Sie können aus den linear-viskoelastischen Eigenschaften bei hohen Frequenzen auf den Stabilisierungsmechanismus konzentrierter Dispersionen und auf Informationen über Struktur und Dynamik komplexer Fluide zurückschließen.

**Inhalt**

Grundlagen und experimentelle Methoden. Aktive Mikrorheologie: Optische und magnetische Pinzetten - Atomic-force Mikroskopie. Passive Mikrorheologie: Dynamische Lichtstreuung - Diffusing Wave Spectroscopy (DWS) - Multiple Particle Tracking (MPT). Vergleich *der Frequenz- und Moduli- Bereiche*. Einführung in die Brownsche Bewegung und die *mittlere quadratische Verschiebung von Tracer-Partikeln*. *Partikel Bewegung in einem rein viskosen, viskoelastischen und rein elastischem Medium*. *Diffusion und verallgemeinerte Stokes-Einstein Gleichungen*. Anwendungsbeispiele: DWS: Tenside, Polysaccharid- (Hyaluronsäure) Lösungen. Bestimmung der Biegefestigkeit.

MPT: Polymere Verdicker - Polystyrol Dispersionen - Hyaluronsäure-Collagen Cryogele für Tissue Engineering. Untersuchung mikro-struktureller, mikro-mechanischer Eigenschaften und Heterogenitäten.

Hochfrequenzrheologie: Mechanische Methoden: *Oszillatorische Scherung (PRV) und Quetschströmung (PAV) – Torsionsresonanzoszillation* - Ultraschall Scherrheometer. Anwendungsbeispiele: Tensidlösungen - konzentrierte Suspensionen.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 15 h
- Selbststudium: 35 h
- Prüfungsvorbereitung: 10 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO. Voraussetzung ist die Teilnahme an einer Fallstudie.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22968 – Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie

### 3.3.7 Modul 5210 Produktgestaltung II

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** Jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im „Technischen Ergänzungsfach“

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studenten haben bezüglich Produktgestaltung ein vielfältig erprobtes Verständnis für ihre Rolle und mögliche fachliche Aufgaben im industriellen Umfeld.

#### **Inhalt**

Stetige Produktinnovationen sind eine Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit von Firmen. In dieser Lehrveranstaltung wird das Prinzip der „Konzeptuellen Produktgestaltung“ anhand vielfältiger praxisnaher Beispiele erläutert, in Übungen und mittels eines instruktiven Films selbst erarbeitet und schließlich auf den Gebieten „Kristallisation“ und „Kolloidale Systeme“ fachlich vertieft.

Unter „Konzeptueller Produktgestaltung“ ist folgende systematische 2-stufige Vorgehensweise zu verstehen: Analyse und Nutzung des Zusammenhangs zwischen den Prozessparametern und den physico-chemischen Eigenschaften des Produktes (Prozessfunktion) und des Zusammenhangs zwischen diesen physico-chemischen Eigenschaften und der anwendungstechnischen Qualitätsmerkmale des Produktes (Eigenschaftsfunktion).

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- Product Design and Engineering – Best Practices (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2007; Vol. 1: Basics and Technologies; Vol. 2: Rawmaterials, Additives and Applications
- Product Design and Engineering – Formulation of Gels and Pastes (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2013
- Weitere Vorlesungsbegleitende Unterlagen werden durch jeweilige Dozenten bereitgestellt



**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22833 – Produktgestaltung II, Vorlesung 2 SWS (WS)

### 3.3.8 Modul 5235 Innovationsmanagement für Produkte und Prozesse der chemischen Industrie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** Jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im „Technischen Ergänzungsfach“

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

keine

#### **Qualifikationsziele**

- Die Studierenden lernen die Strukturen der chemischen Industrie kennen.
- Sie erhalten einen Einblick in die Interpretation von Geschäftszahlen und deren Zusammenhang mit Innovationen.
- Sie wissen wie verschiedenen Faktoren Einfluss auf verfolgte Innovationsstrategien nehmen.
- Sie lernen den Ablauf eines Innovationsprozesses kennen.
- Die Studierenden bekommen die Möglichkeit das Wissen an Hand industrienaher Beispiele anzuwenden.
- Des Weiteren erhalten die Studenten einen Einblick in die Arbeiten eines Innovationsmanagements in Form einer Exkursion.

#### **Inhalt**

##### Hintergrund

In den letzten Jahrzehnten musste sich die chemische Industrie bedingt durch die Globalisierung auf ökonomische Veränderungen einstellen. Die Anpassung an die globalen Märkte veränderte auch die früher wissenschaftlich-technologisch orientierte Forschung und Entwicklung. Deshalb sind heutzutage in der industriellen Produkt- und Prozessentwicklung neben fundierten Kenntnissen aus dem Fachbereich Chemie und Verfahrenstechnik auch weitreichendere Fähigkeiten von Nöten: ein gutes ökonomisches Verständnis, verbunden mit der Kompetenz ein komplexes System basierend auf Geschäftszahlen zu verstehen und steuern zu können. Wissenschaftlich und technologisch ausgebildeten Personen können mit diesen Fähigkeiten Konzepte für die chemische Produkt- und Prozessentwicklung erstellen und im Rahmen der Innovationsstrategie mit strategischen Geschäftsplänen abgleichen. Die Umsetzung der Innovationsstrategie erfolgt im Innovationsprozess, der durch bestimmte Kennzahlen überprüft und gesteuert wird. Auf diese Weise kann der ökonomische Nutzen von Innovationen für das wirtschaftliche Wachstum transparent gemacht und gelenkt werden.

### Umfang der Blockvorlesung

Die Vorlesung möchte grundlegende Einblicke in den Bereich des Innovationsmanagements bieten und den Teilnehmern den Bezug zur industriellen Praxis aufzeigen. Innerhalb der Vorlesung werden folgende Fragen beantwortet:

- Wie sehen die Strukturen der chemischen Industrie aus?
- Was sind Geschäftszahlen? Wie werden diese interpretiert und mit Innovationen in Zusammenhang gebracht?
- Was ist ein Kunde und wie beeinflusst er Innovationen?
- Was ist eine Geschäftsstrategie und wie steht diese im Zusammenhang mit Innovationsstrategien?
- Wie sieht ein Innovationsprozess aus und wie wird dieser gesteuert?
- Was ist ein Innovationsportfoliomanagement und warum wird es für eine erfolgreiche Innovation benötigt?
- Wie sieht ein modernes Innovationsmanagement in der chemischen Industrie aus?

### Exkursion

- Die Blockvorlesung beinhaltet eine Exkursion zu Evonik in Hanau.

### Literatur/Lernmaterialien

- Vorlesungsfolien

### Arbeitsaufwand

- Präsenzzeit: 30 h (Blockvorlesung 4 Tage)
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

### Leistungsnachweise/Prüfungen

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung (multiple choice) im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 SPO.

### Notenbildung

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

### Lehrveranstaltungen

- 22328 – Innovationsmanagement für Produkte und Prozesse der chemischen Industrie

### 3.4 Fach 9100 Überfachliche Qualifikationen

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

#### **Allgemeine Informationen**

Im Fach “Überfachliche Qualifikationen” sind beispielweise Angebote des House of Competence (HoC) oder des Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZaK) frei wählbar. Andere nichttechnische Module können ebenfalls belegt werden.

Nicht gewählt werden können Module des Vertiefungsfachkatalogs.

## 3.5 Fach 9200 Berufspraktikum

### Modulverantwortlicher

Dr.-Ing. Barbara Freudig

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Für Berufspraktika, die während des Masterstudiums absolviert werden, existieren keine Voraussetzungen. Berufspraktika, die vor dem Masterstudium oder bereits während des Bachelorstudiums absolviert wurden, werden anerkannt, sofern zu Beginn des Praktikums bereits mindestens 120 LP erworben wurden.

### Qualifikationsziele

Die angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure haben einen ersten Einblick in die industrielle Praxis gewonnen. Bisher erlernte Fähigkeiten können sie auf Problemstellungen in der Praxis anwenden. Die Studierenden haben unterschiedliche Tätigkeitsfelder eines Unternehmens kennengelernt. Dadurch können Sie die Anforderungen unterschiedlicher Aufgaben beurteilen und können dieses Wissen für ihre spätere Berufswahl gezielt einsetzen

### Inhalt

Das Berufspraktikum ist ein Fachpraktikum, bei dem die in der bisherigen Ausbildung erlernten Fähigkeiten angewendet und vertieft werden. Ein Mindestmaß an Kenntnissen und Fähigkeiten aus der angewandten Laborforschung, der Entwicklung, Projektierung und/oder der Herstellung von Produkten soll vermittelt werden. Dabei soll möglichst Einblick in mehrere verschiedene Tätigkeiten gewährt werden. Das Berufspraktikum soll über rein fachliche Inhalte hinaus Verständnis für betriebliche Zusammenhänge (Kommunikation, Arbeitssicherheit...) wecken.

### Arbeitsaufwand

12 Wochen (420 h – 480 h)

### Leistungsnachweise/Prüfungen

Erfolgskontrolle ist eine unbenotete Studienleistung nach § 4 Abs. 3 SPO.

Zur Prüfung und Anerkennung des Berufspraktikums sind dem Praktikantenamt der Fakultät nach Abschluss der Tätigkeit die vorab erteilte Genehmigung für das Praktikum, und das Arbeitszeugnis vorzulegen.

WICHTIG: Die geleisteten Tätigkeiten müssen aus dem Arbeitszeugnis eindeutig hervorgehen. Ist dies nicht der Fall, hat der Studierende eine Tätigkeitsbeschreibung zu erstellen und von dem Betrieb gegenzeichnen zu lassen.

### Notenbildung

Unbenotet

## **Allgemeine Hinweise**

Die Suche eines Betriebes ist Sache der Praktikantinnen und Praktikanten. Das Praktikum kann beispielsweise in folgenden Branchen durchgeführt werden:

- Chemische Industrie
- Verfahrenstechnischer Anlagenbau
- Automobilzulieferer
- Agrar- und Lebensmitteltechnik,
- Pharmazeutische und Kosmetik-Industrie
- Bio- und Umwelttechnologie

Eine abgeschlossene Berufsausbildung (z. B. MTA/PTA) wird als Berufspraktikum anerkannt.

Folgende Tätigkeiten werden nicht anerkannt:

- Ausschließliche Bürotätigkeiten
- Programmieren in allgemeiner Form
- Literaturstudien
- Praktika an Hochschulen (insbesondere an Instituten des KIT),

In begründeten Fällen kann das Praktikantenamt eine Ausnahme genehmigen

## **Rechtliche Stellung des Praktikanten**

Die hier gegebene Auskunft ist unverbindlich. Verbindlich sind die Bestimmungen der jeweiligen Versicherungsträger sowie der Vertrag mit dem Ausbildungsbetrieb. Die Praktikanten unterliegen der Betriebsordnung des Ausbildungsbetriebes. Ein Anspruch auf Entgelt besteht nicht. Sie sind nicht berufsschulpflichtig.

Während des Praktikums genießen die Praktikanten den Schutz der gesetzlichen Unfallversicherung des für den Ausbildungsbetrieb zuständigen Versicherungsträgers (Berufsgenossenschaft). Der Schutz schließt den Weg von und zu der Ausbildungsstätte ein.

Die Praktikanten unterliegen als Studierende der Krankenversicherungspflicht, das heißt sie müssen entweder im Rahmen ihrer Familie oder selbst bei einer privaten Krankenversicherung oder einer Krankenkasse versichert sein.

Für Praktika im Ausland obliegt es der Praktikantin bzw. dem Praktikanten, sich über die jeweiligen nationalen Regelungen zu informieren.

## 4 Vertiefungsfachmodule

### 4.1 Allgemeine Regelungen

#### **WICHTIG:**

Bevor Sie Prüfungen im Vertiefungsfach ablegen können, müssen Sie einen Prüfungsplan beim Masterprüfungsausschuss genehmigen lassen! Der Prüfungsplan muss anschließend im Studierendenportal als „bestanden“ verbucht werden, da ansonsten die Anmeldung zu den Vertiefungsfachprüfungen nicht möglich ist.

#### **Allgemeine Hinweise**

Gewählt werden zwei Vertiefungsfächer mit einem Umfang von je 16 LP. In jedem Vertiefungsfach sind maximal drei Module zu wählen.

Im Studiengang Master Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik darf maximal eines der beiden Vertiefungsfächer „Biopharmazeutische Verfahrenstechnik“ und „Technische Biologie“ gewählt werden.

Im Studiengang Master Bioingenieurwesen muss mindestens eines der Vertiefungsfächer „Biopharmazeutische Verfahrenstechnik“, „Technische Biologie“, „Lebensmittelverfahrenstechnik“ oder „Wassertechnologie“ gewählt werden.

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle für jedes Modul des Vertiefungsfachs ist eine mündliche Prüfung nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

Einige Vertiefungsfächer werden mit einer Blockprüfung abgeschlossen:

- Alle Module werden in einer gemeinsamen mündlichen Prüfung (Dauer ca. 1 h) geprüft
- Dennoch wird jedes Modul einzeln benotet

#### **Notenbildung**

Die Noten der Module eines Faches gehen in die Fachnote mit einem Gewicht proportional zu den ausgewiesenen Leistungspunkten der Module ein.

## 4.2 Fach 6100 Angewandte Rheologie

Voraussetzungen/Empfehlungen: keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Rheologie und Verfahrenstechnik disperser Systeme</b> - <i>Rheologie disperser Systeme</i> - <i>Stabilität disperser Systeme</i> - <i>Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie</i>	Hochstein, Willenbacher, Oelschlaeger	WS/SS	4 + 0	8
2	<b>Rheologie und Verfahrenstechnik von Polymeren</b> - <i>Rheologie von Polymeren</i> - <i>Rheologie und Rheometrie</i>	Willenbacher Hochstein	SS	3 + 1	8
3	<b>Rheologie komplexer Fluide und moderne rheologische Messmethoden</b> - <i>Rheologie disperser Systeme</i> - <i>Hochfrequenzrheometrie</i>	Willenbacher, Oelschlaeger	SS	2 + 0	4
4	<b>Strömungsmechanik nicht-Newtonscher Fluide</b> - <i>Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen</i> - <i>Kontinuumsmechanik und Strömungen nicht-Newtonscher Fluide</i>	Hochstein	WS/SS	4 + 0	8
5	<b>Rheologie und Rheometrie</b>	Hochstein	SS	2 + 0	4
6	<b>Rheologie von Polymeren</b>	Willenbacher	SS	2 + 0	4
7	<b>Stabilität disperser Systeme</b>	Willenbacher	WS	2 + 0	4
8	<b>Kontinuumsmechanik und Strömungen nicht Newtonscher Fluide</b>	Hochstein	WS	2 + 0	4
9	<b>Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen</b>	Hochstein	SS	2 + 0	4
10	<b>Beispiele mech. Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion</b>	Karbstein, Emin	WS	2 + 0	4
11	<b>Einführung in die Agglomerationstechnik</b>	Anlauf	SS	2 + 0	4
12	<b>Mischen und Rühren</b>	Anlauf	WS	2 + 0	4
13	<b>Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie</b>	Oberacker	WS	2 + 0	4
14	<b>Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle I</b>	Wilhelm	SS	2 + 0	4
15	<b>Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle II</b>	Wilhelm	WS	2 + 0	4
16	<b>Trocknungstechnik – dünne Schichten und poröse Stoffe</b>	Schabel	SS	2 + 1	6
17	<b>Mikrofluidik (inkl. Fallstudie)</b>	Lenewit	WS	2 + 1	6



**Kombinationen:**

- Mindestens eines der Module 1 – 3 muss gewählt werden
- Module 1 und 3 nicht kombinierbar.
- Module 5, 6, 7,8 oder 9 nur wählbar, wenn nicht in gewählten Modulen 1, 2, 3 oder 4 enthalten
- Modul 10 nicht wählbar, wenn das Wahlpflichtmodul „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ gewählt wurde

**Prüfungsmodus:** Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

## 4.2.1 Modul 6101 Rheologie und Verfahrenstechnik disperser Systeme

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 2 Semester

**Modulturnus:** jährlich

**Sprache:** deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Norbert Willenbacher, Dr. Claude Oelschlaeger

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Angewandte Rheologie"

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können wesentliche Grundlagen zur Struktur und zur Herstellung von Dispersionen und Emulsionen erläutern. Sie können diese zur Erreichung bestimmter rheologischer Eigenschaften von komplexen Fluiden in verfahrenstechnischen Prozesse anwenden.

Sie können das Fließverhalten und die kolloidale Stabilität disperser Systeme in Hinblick auf Anwendungs- und Verarbeitungseigenschaften analysieren und kritisch bewerten.

Die Studierenden kennen das Prinzip der Mikrorheologie und die verschiedenen Methoden, welche in Abhängigkeit vom Stoffsystem verwendet werden können. Die Studierenden sind insbesondere mit Diffusing Wave Spectroscopy und Multiple Particle Tracking Methoden vertraut. Aus rheologischen Daten der DWS können sie auf die Biegesteifigkeit semiflexibler Objekte (Mizellen, Polymere, Fasern) zurückschließen. Mit der MPT können die Studierenden rheologische Eigenschaften orts aufgelöst auf mikroskopischer Ebene erfassen.

Die Studierenden sind mit den verschiedenen Hochfrequenz Methoden vertraut. Sie können aus den linear-viskoelastischen Eigenschaften bei hohen Frequenzen auf den Stabilisierungsmechanismus konzentrierter Dispersionen und auf Informationen über Struktur und Dynamik komplexer Fluide zurückschließen.

### **Inhalt**

#### Stabilität disperser Systeme

Kolloidale Wechselwirkungen, DLVO-Theorie, Polymeradsorption und sterische Wechselwirkungen, sog. Verarmungs- (depletion) Wechselwirkung.

*Dispersionen:* elektrostatische und sterische Stabilisierung, Flockung und Koagulation, schnelle Koagulation (Smoluchowski-Gleichung), langsame Koagulation, strömungsinduzierte Koagulation

*Emulsionen:* Herstellung von Emulsionen, mechanische Beanspruchung, Stabilisierung durch Tenside, Thermodynamik von Oberflächen, Gibbs Adsorptionsgleichung, Grenz- und Oberflächenspannung/ Benetzung, Aufrahmung und Sedimentation, Koaleszenz, Ostwald-Reifung

Stabilisierung durch Polymere, Proteine, feste Partikel (Pickering Emulsionen)

*Schäume*: Struktur- und Topologie, Koaleszenz, Disproportionierung, Drainage, Filmstabilität und -kollaps, Entschäumen

Messmethoden: optische Methoden: statische und dynamische Lichtstreuung, Trübung, DWS, Zentrifugation, Elektrokinetik, dielektrische Spektroskopie, Leitfähigkeit, Ultraschall, Rheologie, Kalorimetrie, statische und dynamische Schäumtests, Praxisbeispiele

### Rheologie disperser Systeme

Grundlagen der Rheometrie, Rheologische Phänomene, Lineare Viskoelastizität

#### *Suspensionen und Dispersionen*

Grundlagen DLVO-Theorie, Fließverhalten elektrostatisch, sterisch und elektrosterisch stabilisierte Systeme

Harte Kugeln und repulsive wechselwirkende Partikel, Scherverdickung

Rheologie und maximale Packungsdichte, Kugeln, Stäbchen, Plättchen

Partikelgrößenverteilung und Viskosität, Attraktiv wechselwirkende Partikel und aggregierte Suspensionen und Gele

#### *Emulsionen und Schäume*

Herstellung von Emulsionen, Emulsionsstabilität, Tropfendeformation und –aufbruch, Fließigenschaften verdünnte und halb-verdünnte Emulsionen, konzentrierte Emulsionen und Schäume

#### *Tenside*

Tensidstrukturen, Phasendiagramme, Struktur und Rheologie

### Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie

Grundlagen und experimentelle Methoden. Aktive Mikrorheologie: Optische und magnetische Pinzetten - Atomic-force Mikroskopie. Passive Mikrorheologie: Dynamische Lichtstreuung - Diffusing Wave Spectroscopy (DWS) - Multiple Particle Tracking (MPT). Vergleich *der Frequenz- und Moduli- Bereiche*. Einführung in die Brownsche Bewegung und die *mittlere quadratische Verschiebung von Tracer-Partikeln*. *Partikel Bewegung in einem rein viskosen, viskoelastischen und rein elastischem Medium*. *Diffusion und verallgemeinerte Stokes-Einstein Gleichungen*. Anwendungsbeispiele: DWS: Tenside, Polysaccharid- (Hyaluronsäure) Lösungen. Bestimmung der Biegefestigkeit.

MPT: Polymere Verdicker - Polystyrol Dispersionen - Hyaluronsäure-Collagen Cryogele für Tissue Engineering. Untersuchung mikro-struktureller, mikro-mechanischer Eigenschaften und Heterogenitäten.

Hochfrequenzrheologie: Mechanische Methoden: *Oszillatorische Scherung (PRV) und Quetschströmung (PAV) – Torsionsresonanzoszillation* - Ultraschall Scherrheometer. Anwendungsbeispiele: Tensidlösungen - konzentrierte Suspensionen.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 140 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

Vertiefungsfach: Angewandte Rheologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22917 – Rheologie disperser Systeme
- 22916 – Stabilität disperser Systeme
- 22968 – Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie

### **Dozenten**

Prof. Dr. N. Willenbacher, Dr. C. Oelschlaeger

## 4.2.2 Modul 6102 Rheologie und Verfahrenstechnik von Polymeren

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Norbert Willenbacher, Dr.-Ing. B. Hochstein

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Angewandte Rheologie"

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die wichtigsten rheologischen Phänomene und sind mit deren Bestimmung vertraut. Die Studierenden kennen die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften von Polymermolekülen und die molekularen Ursachen für das makroskopische viskoelastische Verhalten. Die Studierenden sind mit den wichtigsten Modellen zur Beschreibung des Fließverhaltens von Polymerschmelzen, -lösungen und -gelen vertraut. Aus rheologischen Daten können sie auf den molekularen Aufbau der entsprechenden Polymere zurückschließen. Die Studierenden können das Verarbeitungsverhalten von Polymeren an Hand rheologischer Daten beurteilen.

Die Studierenden sind in der Lage das rheologische Verhalten komplexer Fluide wie Suspensionen und Emulsionen zu beschreiben und kennen die zur Verfügung stehenden Meßmethoden und Rheometer für die Ermittlung der rheologischen Materialfunktionen sowie deren Anwendungsgebiete. Sie kennen den Zusammenhang zwischen dem Fließ- und dem verfahrenstechnischen Verhalten der komplexen Fluide und die Möglichkeiten spezielles Verhalten einzustellen

### **Inhalt**

#### Rheologie von Polymeren

Grundlagen der (Scher)-Rheometrie & Rheologische Phänomene, Lineare Viskoelastizität, Polymere in Natur und Technik, Was ist ein Polymer? Kettenmodelle und -statistik, verdünnte und mäßig konzentrierte Lösungen, Rouse-Modell - vom Molekül zum Modul!

Zimm-Modell - Intrinsische Viskosität, Molmasse, Molekülarchitektur, Einfluss von Polymerkonzentration und Lösemittelgüte, konzentrierte Lösungen und Schmelzen, Entanglement-Konzept, Röhrenmodelle und Reptation, Einfluss von Molmassenverteilung und Glastemperatur, Zeit-Temperatur Superposition, Gele und Netzwerke, Verdickerlösungen.

Dehnrheologie und Beschichtungsprozesse, Technische Bedeutung - Beispiele aus der industriellen Praxis.

#### Rheologie und Rheometrie

Rheologische Materialfunktionen; Relevanz rheologischer Größen in Produktentwicklung, Qualitätsmanagement und Verarbeitung; Praxisrelevante Schergeschwindigkeiten; allgemeiner Spannungszustand, Extraspannungen, Definition des hydrostatischen Druckes, viskosimetrische Strömung; Rheologische Grundkörper; Kugelfall- und Auslaufviskosimeter, Kegel-Platte-, Platte-Platte-, koaxiales Zylinderrheometer, Hochdruck-Kapillarrheometer;

Energiedissipation bei einer Scherung; thermo-rheologisches Verhalten; Versuchsführungen; Schwingungsrheologie, Cox-Merz Beziehung, Time-Temperature Superposition, Strain rate frequency Superposition, Einführung in die Dehnrheologie (CaBER-Experiment); Anwendungsbeispiele: Auslegung eines Spenders für kosmetische Produkte, Ermittlung der (Temperatur-) Stabilität von Emulsionen mittels Schwingungsanalyse, Bestimmung der Molmassenverteilung eines Polymers aus der Viskositätsfunktion, Rheologisches Verhalten linearer unvernetzter Polymere

### **Literatur/Lernmaterialien**

Wird in den Vorlesungen bekannt gegeben.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60
- Selbststudium: 140
- Prüfungsvorbereitung: 40

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22924 – Rheologie von Polymeren
- 22949 – Rheologie und Rheometrie

### 4.2.3 Modul Rheologie komplexer Fluide und moderne rheologische Messmethoden

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Norbert Willenbacher, Dr. Claude Oelschlaeger

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Angewandte Rheologie"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können wesentliche Grundlagen zur Struktur und zur Herstellung von Dispersionen und Emulsionen erläutern. Sie können diese zur Erreichung bestimmter rheologischer Eigenschaften von komplexen Fluiden in verfahrenstechnischen Prozesse anwenden.

Die Studierenden kennen das Prinzip der Mikrorheologie und die verschiedenen Methoden, welche in Abhängigkeit vom Stoffsystem verwendet werden können. Die Studierenden sind insbesondere mit Diffusing Wave Spectroscopy und Multiple Particle Tracking Methoden vertraut. Aus rheologischen Daten der DWS können sie auf die Biegesteifigkeit semiflexibler Objekte (Mizellen, Polymere, Fasern) zurückschließen. Mit der MPT können die Studierenden rheologische Eigenschaften orts aufgelöst auf mikroskopischer Ebene erfassen.

Die Studierenden sind mit den verschiedenen Hochfrequenz Methoden vertraut. Sie können aus den linear-viskoelastischen Eigenschaften bei hohen Frequenzen auf den Stabilisierungsmechanismus konzentrierter Dispersionen und auf Informationen über Struktur und Dynamik komplexer Fluide zurückschließen.

#### **Inhalt**

##### Rheologie disperser Systeme

###### *Suspensionen und Dispersionen*

Grundlagen DLVO-Theorie, Fließverhalten elektrostatisch, sterisch und elektrosterisch stabilisierte Systeme

Harte Kugeln und repulsive wechselwirkende Partikel, Scherverdickung

Rheologie und maximale Packungsdichte, Kugeln, Stäbchen, Plättchen

Partikelgrößenverteilung und Viskosität, Attraktiv wechselwirkende Partikel und aggregierte Suspensionen und Gele

###### *Emulsionen und Schäume*

Herstellung von Emulsionen, Emulsionsstabilität, Tropfendeformation und -aufbruch, Fließigenschaften verdünnter und halb-verdünnter Emulsionen, konzentrierte Emulsionen und Schäume

###### *Tenside*

Tensidstrukturen, Phasendiagramme, Struktur und Rheologie

### Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie

Grundlagen und experimentelle Methoden. Aktive Mikrorheologie: Optische und magnetische Pinzetten - Atomic-force Mikroskopie. Passive Mikrorheologie: Dynamische Lichtstreuung - Diffusing Wave Spectroscopy (DWS) - Multiple Particle Tracking (MPT). Vergleich *der Frequenz- und Moduli- Bereiche*. Einführung in die Brownsche Bewegung und die *mittlere quadratische Verschiebung von Tracer-Partikeln*. *Partikel Bewegung in einem rein viskosen, viskoelastischen und rein elastischem Medium*. *Diffusion und verallgemeinerte Stokes-Einstein Gleichungen*. Anwendungsbeispiele: DWS: Tenside, Polysaccharid- (Hyaluronsäure) Lösungen. Bestimmung der Biegefestigkeit.

MPT: Polymere Verdicker - Polystyrol Dispersionen - Hyaluronsäure-Collagen Cryogele für Tissue Engineering. Untersuchung mikro-struktureller, mikro-mechanischer Eigenschaften und Heterogenitäten.

Hochfrequenzrheologie: Mechanische Methoden: *Oszillatorische Scherung (PRV) und Quetschströmung (PAV) – Torsionsresonanzoszillation* - Ultraschall Scherrheometer. Anwendungsbeispiele: Tensidlösungen - konzentrierte Suspensionen.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22917 – Rheologie disperser Systeme
- 22968 – Mikrorheologie und Hochfrequenzrheometrie

#### **Dozenten**

Prof. Dr. N. Willenbacher, Dr. C. Oelschlaeger



#### 4.2.4 Modul 6103 Strömungsmechanik nicht-Newtonscher Fluide

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** Jährlich

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Bernhard Hochstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Angewandte Rheologie"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig strömungsmechanische Fragestellungen, mit Hilfe der Dimensionsanalyse zu analysieren und die für das Problem relevanten dimensionslosen Kennzahlen zu ermitteln. Zudem ist der Studierende fähig für konkrete Fragestellungen exakte mathematische Beschreibungen und für „Klassen von Problemen“ allgemein gültige mathematische Formulierungen herzuleiten und das Ergebnis kritisch zu beurteilen. Die Studierenden sind in der Lage die Eigenschaften nicht-Newtonscher Fluide ebenso zu berücksichtigen wie temperaturabhängige Stoffgrößen und somit die Auswirkungen von Temperaturänderungen. Die Studierenden sind fähig Ähnlichkeitsgesetze – nicht nur auf Größenänderungen – anzuwenden.

Die Studierenden sind fähig beliebige Strömungen und deren Eigenschaften mathematisch zu beschreiben. Die Studierenden kennen die rheologischen Materialgesetze zur Beschreibung beliebiger (dreidimensionaler) Strömungen von Newtonschen- und nicht-Newtonschen Fluiden in differenzieller und integraler Form. Sie sind in der Lage zu beurteilen welche nicht-Newtonschen Eigenschaften der Flüssigkeit für den konkreten (Strömungs-) Vorgang relevant sind. Die Studierenden können die Bilanzgleichungen unter Verwendung der nicht-Newtonschen Materialgesetze formulieren und so für eine (in der Regel numerische) Lösung bereitstellen.

##### **Inhalt**

„Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen“

Dimensionsanalyse als exakte Wissenschaft, Voraussetzungen, Möglichkeiten,  $\pi$  - Theorem, dimensionslose Kennzahlen (  $\pi$  -Produkte), Vorgehensweise zur Ermittlung aller relevanten Daten eines Problems. Beispiele: Schleppwiderstand eines Schiffes, Widerstand eines umströmter Körper, Druckverlust einer Rohrströmung bei glatten und rauhen Wänden, Durchströmung einer Packung (Gesetze von Darcy, Molerus u.a., Karman & Kozeny, Ergun); Leistungsbedarf eines Rührkessels; Rühren nicht-Newtonscher Fluide; Kennlinie einer Kreiselpumpe; Zerstäuben einer Flüssigkeit in einer Einstoffdüse, Suspendieren in einem Rührwerk, Herstellen von flüssig/flüssig Emulsionen, Konvektiver Wärmeübergang an einer überströmten Platte.

„Strömungsmechanik nicht-Newtonscher Fluide“

Newtonsches Fluid, nicht-Newtonsches Fluid, rheologisch einfaches Fluid, integrale und differenzielle Stoffgesetze, empirische Stoffgesetze, nicht lineares Fließen, Normalspannungsdifferenzen, Dehnaviskosität, Relaxationszeit.

Kinematische Konzepte: Strom-, Bahn- und Streichlinie, Eigenschaften und Beschreibung von Strömungen, Schichtenströmungen, Dehnströmungen.

Kontinuumsmechanische Konzepte: Massen- und Volumenkräfte, Extraspannungen, thermodynamischer Druck, Masse-, Energie und Impulsbilanz, Erhaltungssätze. Strömungen die durch die Fließfunktion kontrolliert werden (Rohr-, Schlepp-Druck-, Schraubenströmung); Strömungen die durch die Normalspannungsdifferenz kontrolliert werden (Weissenberg-Effekt, Strangaufweitung); Dehnströmungen (Ziehen eines Fadens, Dehnen einer Lamelle, pulsierende Blase)

**Literatur/Lernmaterialien**

Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 140 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22927 – Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen; 2 V; SS
- 22962 – Strömungsmechanik nicht-Newtonscher Fluide; 2V; WS

**Dozenten**

Dr.-Ing. B. Hochstein

## 4.2.5 Modul 6105 Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Bernhard Hochstein

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, strömungsmechanische Fragestellungen, mit Hilfe der Dimensionsanalyse zu analysieren und die für das Problem relevanten dimensionslosen Kennzahlen zu ermitteln. Zudem ist der Studierende fähig für konkrete Fragestellungen exakte mathematische Beschreibungen und für „Klassen von Problemen“ allgemein gültige mathematische Formulierungen herzuleiten und das Ergebnis kritisch zu beurteilen. Die Studierenden sind in der Lage die Eigenschaften nicht-Newtonscher Fluide ebenso zu berücksichtigen wie temperaturabhängige Stoffgrößen und somit die Auswirkungen von Temperaturänderungen. Die Studierenden sind fähig Ähnlichkeitsgesetze – nicht nur auf Größenänderungen – anzuwenden.

**Inhalt**

Dimensionsanalyse als exakte Wissenschaft, Voraussetzungen, Möglichkeiten,  $\pi$ -Theorem, dimensionslose Kennzahlen ( $\pi$ -Produkte), Vorgehensweise zur Ermittlung aller relevanten Daten eines Problems. Ermittlung und Anwendung von Ähnlichkeitsgesetzen (Scale-up). Beispiele: Schleppwiderstand eines Schiffes, Widerstand eines umströmten Körpers, Druckverlust einer Rohrströmung bei glatten und rauhen Wänden, Durchströmung einer Packung (Gesetze von Darcy, Molerus u.a., Karman & Kozeny, Ergun); Leistungsbedarf eines Rührkessels; Rühren nicht-Newtonscher Fluide; Kennlinie einer Kreiselpumpe; Zerstäuben einer Flüssigkeit in einer Einstoffdüse, Suspendieren in einem Rührwerk, Herstellen von flüssig/flüssig Emulsionen, Konvektiver Wärmeübergang an einer überströmten Platte.

**Literatur/Lernmaterialien**

Wird in der Vorlesung angegeben

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22927 – Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen; 2 V

#### 4.2.6 Modul 6106 Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung
- Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Das Modul kann nicht in Kombination mit dem Wahlpflichtmodul „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ gewählt werden.

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die Grundlagen zur Herstellung von flüssigen und festen Formulierungen und können ausgewählte Verfahren auslegen. Sie kennen geeignete konventionelle und innovative Apparate. Sie identifizieren Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und qualitätsbestimmenden Eigenschaften von Formulierungen. Sie können Prozesswissen zwischen einzelnen Produktgruppen übertragen

##### **Inhalt**

###### Emulgieren und Dispergieren: (LV FT2: H.P. Karbstein/LVT)

Besonderheiten flüssiger Formulierungen; Ziele der Verfahren; Grundlagen der Zerkleinerung und Stabilisierung von Tropfen und Partikeln in flüssiger Umgebung; Apparate technische Umsetzung: Anlagenaufbau und Prozessauslegung; Prozess- und Eigenschaftsfunktionen; Beurteilung der Produktqualität: Grundlagen und Messverfahren; neue Entwicklungen.

###### Extrusionstechnik: (LV FT4: M.A. Emin/LVT)

Grundlagen der Extrusionstechnik und der Gestaltung von extrudierten Produkten: Apparateaufbau, Verfahrensauslegung, Charakterisierung des Prozesses und der Produkte (Grundlagen der Mess- und Modellierungstechnik).

Vorlesung ist Voraussetzung für ein Praktikum, das im Rahmen des NF oder VF LVT gewählt werden kann

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Köhler, K., Schuchmann, H. P.: Emulgiertechnik, 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg, 978-3-89947-869-3, 2012.
- Bouvier, J., Campanella, O.H.: Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials, Wiley-Blackwell, 2014

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 40 h

Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 15 - 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22229 - Emulgieren und Dispergieren
- 22246 - Extrusionstechnik

### **Dozenten**

Prof. Dr.-Ing. H. P. Karbstein, Dr.-Ing. A. Emin

## 4.2.7 Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Produktgestaltung

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalische Prinzipien der Agglomeration von Partikeln erläutern und nicht nur den dazu geeigneten Verfahren zuordnen, sondern auch ausgewählten Apparaten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern herzustellen und auf verschiedene Agglomerationsverfahren anzuwenden. Sie können Agglomerationsaufgaben mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben. Auf der Basis des Gelernten können die Studierenden beurteilen, ob und gegebenenfalls in welcher Form ein erfolversprechender Agglomerationsprozess gestaltet werden kann.

### **Literatur/Lernmaterialien**

Anlauf: Skriptum „Einführung in die Agglomerationstechnik“

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h (Vorlesung 2 SWS)
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22935 - Einführung in die Agglomerationstechnik

## 4.2.8 Modul 6108 Mischen und Rühren

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalische Prinzipien des Mischens und Rührens erläutern und nicht nur den dazu geeigneten Verfahren zuordnen, sondern auch ausgewählten Apparaten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern herzustellen und auf verschiedene Misch- und Rühraufgaben anzuwenden. Sie können Misch- und Rühraufgaben mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben. Auf der Basis des Gelernten können sie beurteilen, ob und gegebenenfalls in welcher Form ein erfolversprechender Misch- und Rührprozess gestaltet werden kann.

**Inhalt**

Statistische Methoden zur Charakterisierung der Mischgüte; Charakterisierung der Fließeigenschaften von Schüttgütern und Flüssigkeiten; Einführung in die Dimensionsanalyse zur Ermittlung von mischtechnisch wichtigen Kennzahlen; Scale-up Verfahren für spezifische Mischprozesse auf der Basis der Ähnlichkeitstheorie; Feststoffmischverfahren, wie Freifall-, Schub-, Intensivmischer, Wirbelschicht-, Luftstrahl- und Umwälzmischer, Haldenmischverfahren; Fluidmischverfahren, wie Homogenisierung, Suspendierung, Emulgierung, Begasung und Wärmeübertragung; Statische Mischer und Knetter.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h (Vorlesung 2 SWS)
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO.

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22967 – Mischen und Rühren



## 4.2.9 Modul 6109 Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Rainer Oberacker

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Vorraussetzungen: keine.

Empfehlung: Es werden Kenntnisse der allgemeinen Werkstoffkunde vorausgesetzt

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden haben grundlegende Kenntnisse zur Charakterisierung von Pulvern, Pasten und Suspensionen. Sie kennen die verfahrenstechnischen Grundlagen, die für die Verarbeitung von Partikelsystemen zu Formkörpern relevant sind. Sie können diese Grundlagen zur Auslegung von ausgewählten Verfahren der Nass- und Trockenformgebung anwenden.

### **Inhalt**

Die Vorlesung vermittelt verfahrenstechnisches Grundlagenwissen zur Herstellung von Formkörpern aus Keramik- und Metall-Partikelsystemen. Sie gibt einen Überblick über die wichtigsten Formgebungsverfahren und ausgewählte Werkstoffgruppen.

Schwerpunkt bilden die Themenbereiche Charakterisierung und Eigenschaften von partikulären Systemen und insbesondere die Grundlagen der Formgebungsverfahren für Pulver, Pasten und Suspensionen.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Folien zur Vorlesung: verfügbar unter <http://ilias.studium.kit.edu>
- R.J. Brook: Processing of Ceramics I+II, VCH Weinheim, 1996
- M.N. Rahaman: Ceramic Processing and Sintering, 2nd Ed., Marcel Dekker, 2003
- W. Schatt ; K.-P. Wieters ; B. Kieback. „Pulvermetallurgie: Technologien und Werkstoffe“, Springer, 2007
- R.M. German. “Powder metallurgy and particulate materials processing. Metal Powder Industries Federation, 2005
- F. Thümmel, R. Oberacker. “Introduction to Powder Metallurgy”, Institute of Materials, 1993

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 – 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 2193010 - Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie

## 4.2.10 Modul 6110 Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle I

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Manfred Wilhelm

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Angewandte Rheologie"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden erwerben ein umfangreiches Verständnis der Polymerchemie, das die Herstellung, die physikalische Grundlagen sowie einfache Charakterisierung umfasst.

Sie verfügen über Wissen in diesen Bereichen:

- Herstellung von Polymeren
- Physikalische Eigenschaften von Polymeren und der Zusammenhang mit der Herstellungsmethode
- Grundlegende Charakterisierung

**Inhalt**

- Chemie und Synthese der Polymere
- Physik der Polymere
- Makromoleküle: Molekulargewichtsverteilung und Standardcharakterisierung

**Literatur/Lernmaterialien**

- Vorlesungsskript
- "Makromolekulare Chemie", B. Tiede, Wiley-VCH, 2005
- "Makromolekulare Chemie", Lechner, Gehrke, Nordmeier, Birkhäuser Verlag, 2003
- Weitere Literatur in Skript/Vorlesung

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

Vertiefungsfach: Angewandte Rheologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 5501 – Chemie und Physik der Makromoleküle

### **Dozenten**

Prof. Dr. Manfred Wilhelm

#### 4.2.11 Modul 6111 Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle II

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Manfred Wilhelm

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Angewandte Rheologie"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Nur in Kombination mit "Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle I" möglich.

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden erwerben ein umfangreiches Verständnis der Polymerchemie, das die Herstellung, die Charakterisierung und die Anwendung von Polymeren umfasst.

Sie verfügen über Wissen in diesen Bereichen:

- Herstellung von Polymeren
- Charakterisierung von Polymeren
- Einsatzgebiete von Kunststoffen
- Verarbeitung von Kunststoffen
- Zusammenhang zwischen Herstellungsmethoden und resultierenden Werkstoffeigenschaften.

#### **Inhalt**

- Chemie und Synthese der Polymere
- Physik der Polymere
- Makromoleküle und ihre Charakterisierung
- Polymerverarbeitung
- Spezielle Themen, z.B. Polyelektrolyte & Polymer blends

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- Vorlesungsskript
- "Makromolekulare Chemie", B. Tieke, Wiley-VCH, 2005
- "Makromolekulare Chemie", Lechner, Gehrke, Nordmeier, Birkhäuser Verlag, 2003
- Weitere Literatur in Skript/Vorlesung

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 5501 – Chemie und Physik der Makromoleküle

### **Dozenten**

Prof. Dr. Manfred Wilhelm

### **Allgemeine Hinweise**

Die Inhalte der Module "Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle I" und "Einführung in die Chemie und Physik der Makromoleküle II" werden in einer gemeinsamen mündlichen Prüfung abgeprüft.

## 4.2.12 Modul 6112 Trocknungstechnik - dünne Schichten und poröse Stoffe

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. h. c. Wilhelm Schabel

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Thermische Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage Anforderungen an ein geeignetes Trocknungsverfahren zu identifizieren. Sie haben einen Überblick über den Stand der Wissenschaft und Technik und sind in der Lage ein solches Verfahren auszulegen, zu bewerten und auszuwählen.

Das Qualifikationsziel ist es eine methodische Vorgehensweise zu erlernen, um die grundlegenden Erkenntnisse auf neue Prozesse und Apparate zu übertragen.

### **Inhalt**

Einführung und industrielle Anwendungen zur Trocknungstechnik; Trocknungsverfahren und Modellbildung; Modellierung der Wärme- Stoffübertragung bei der Trocknung; Bestimmung von Materialeigenschaften, Feuchteleitung, Sorption, Diffusion; Trocknungsverlaufskurve, Trocknungsabschnitte; Anwendung der Grundlagen auf die Trocknung dünner Schichten und poröser Stoffe; Prinzipien der Sprüh-, Wirbelschicht-, Mikrowellen-, Infrarot- und Gefriertrocknung.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 - 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22811 – Trocknungstechnik - poröse Stoffe und dünne Schichten, Vorlesung, 2 SWS
- 22821– Übung und Beispiele zu 22811, 1 SWS

#### 4.2.13 Modul 6113 Mikrofluidik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Gero Leneweit

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Inhalt**

Definition des Begriffes „Mikrofluidik“; Physik der Miniaturisierung, Größenskalen der Mikrofluidik; Einführung in die Mikrofabrikationstechniken; Fluidodynamik mikrofluidischer Systeme, Grundgleichungen der Strömungsmechanik, reibungsdominierte Strömungen; Elektrohydrodynamik von Mikrosystemen, Elektroosmose, Elektrophorese und DNA-Sequenzierung; Diffusion, Mischen und Trennen in Mikrosystemen; Grenzflächenphänomene und Mehrphasenströmungen in Mikrosystemen; Digitale Mikrofluidik und mikrofluidische Systeme.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22964 - Mikrofluidik - Grundlagen und Anwendungen
- 22971 - Fallstudien zur Mikrofluidik (Praktikum zu 22964)

#### **Dozenten**

Dr. Gero Leneweit



#### 4.2.14 Modul 5204 Rheologie und Rheometrie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. B. Hochstein

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage das rheologische Verhalten komplexer Fluide wie Suspensionen und Emulsionen zu beschreiben und kennen die zur Verfügung stehenden Meßmethoden und Rheometer für die Ermittlung der rheologischen Materialfunktionen sowie deren Anwendungsgebiete. Sie kennen den Zusammenhang zwischen dem Fließ- und dem verfahrenstechnischen Verhalten der komplexen Fluide und die Möglichkeiten spezielles Verhalten einzustellen.

#### **Inhalt**

Rheologische Materialfunktionen; Relevanz rheologischer Größen in Produktentwicklung, Qualitätsmanagement und Verarbeitung; Praxisrelevante Schergeschwindigkeiten; allgemeiner Spannungszustand, Extraspannungen, Definition des hydrostatischen Druckes, viskosimetrische Strömung; Rheologische Grundkörper; Kugelfall- und Auslaufviskosimeter, Kegel-Platte-, Platte-Platte-, koaxiales Zylinderrheometer, Hochdruck-Kapillarrheometer; Energiedissipation bei einer Scherung; thermo-rheologisches Verhalten; Versuchsführungen; Schwingungsrheologie, Cox-Merz Beziehung, Time-Temperature Superposition, Strain rate frequency Superposition, Einführung in die Dehnrheologie (CaBER-Experiment); Anwendungsbeispiele: Auslegung eines Spenders für kosmetische Produkte, Ermittlung der (Temperatur-) Stabilität von Emulsionen mittels Schwingungsanalyse, Bestimmung der Molmassenverteilung eines Polymers aus der Viskositätsfunktion, Rheologisches Verhalten linearer unvernetzter Polymere.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22949 – Rheologie und Rheometrie

## 4.2.15 Modul 5205 Rheologie von Polymeren

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. N. Willenbacher

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften von Polymermolekülen und die molekularen Ursachen für das makroskopische viskoelastische Verhalten.

Die Studierenden sind mit den wichtigsten Modellen zur Beschreibung des Fließverhaltens von Polymerschmelzen, -lösungen und -gelen vertraut. Aus rheologischen Daten können sie auf den molekularen Aufbau der entsprechenden Polymere zurückschließen.

Die Studierenden können das Verarbeitungsverhalten von Polymeren an Hand rheologischer Daten beurteilen.

### **Inhalt**

Grundlagen der (Scher)-Rheometrie & Rheologische Phänomene, Lineare Viskoelastizität, Polymere in Natur und Technik, Was ist ein Polymer? Kettenmodelle und -statistik, verdünnte und mäßig konzentrierte Lösungen, Rouse-Modell - vom Molekül zum Modul !

Zimm-Modell - Intrinsische Viskosität, Molmasse, Molekülarchitektur, Einfluss von Polymerkonzentration und Lösemittelgüte, konzentrierte Lösungen und Schmelzen, Entanglement-Konzept, Röhrenmodelle und Reptation, Einfluss von Molmassenverteilung und Glas temperatur, Zeit-Temperatur Superposition, Gele und Netzwerke, Verdickerlösungen.

Dehnrheologie und Beschichtungsprozesse, Technische Bedeutung - Beispiele aus der industriellen Praxis.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

Vertiefungsfach: Angewandte Rheologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22924 – Rheologie von Polymeren

## 4.2.16 Modul 5208 Stabilität disperser Systeme

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. N. Willenbacher

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die Phänomene, die zur De-Stabilisierung kolloidaler Systeme führen und können diese Vorgänge quantitativ beschreiben. Sie kennen die wichtigsten Mechanismen zur Stabilisierung von Dispersionen, Emulsionen und Schäumen und können Produkteigenschaften entsprechend gestalten.

### **Inhalt**

DLVO-Theorie, Polymeradsorption und sterische Wechselwirkungen, sog. Verarmungs- (depletion) Wechselwirkung.

Dispersionen: elektrostatische und sterische Stabilisierung, Flockung und Koagulation, schnelle Koagulation (Smoluchowski-Gleichung), langsame Koagulation, strömungsinduzierte Koagulation

Emulsionen: Herstellung von Emulsionen, mechanische Beanspruchung, Stabilisierung durch Tenside, Thermodynamik von Oberflächen, Gibbs Adsorptionsgleichung, Grenz- und Oberflächenspannung/ Benetzung, Aufrahmung und Sedimentation, Koaleszenz, Ostwald-Reifung

Stabilisierung durch Polymere, Proteine, feste Partikel (Pickering Emulsionen)

Schäume: Struktur- und Topologie, Koaleszenz, Disproportionierung, Drainage, Filmstabilität und -kollaps, Entschäumen

Messmethoden: optische Methoden: statische und dynamische Lichtstreuung, Trübung, DWS

Zentrifugation, Elektrokinetik, dielektrische Spektroskopie, Leitfähigkeit, Ultraschall, Rheologie, Kalorimetrie, statische und dynamische Schäumtests

Praxisbeispiele

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22916 – Stabilität disperser Systeme

## 4.2.17 Modul 5209 Kontinuumsmechanik und Strömungen nicht-Newtonscher Fluide

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. B. Hochstein

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig beliebige Strömungen und deren Eigenschaften mathematisch zu beschreiben. Die Studierenden kennen die rheologischen Materialgesetze zur Beschreibung beliebiger (dreidimensionaler) Strömungen von Newtonschen- und nicht-Newtonschen Fluiden in differenzieller und integraler Form. Sie sind in der Lage zu beurteilen welche nicht-Newtonschen Eigenschaften der Flüssigkeit für den konkreten (Strömungs-) Vorgang relevant sind. Die Studierenden können die Bilanzgleichungen unter Verwendung der nicht-Newtonschen Materialgesetze formulieren und so für eine (in der Regel numerische) Lösung bereitstellen.

### **Inhalt**

Newtonsches Fluid, nicht-Newtonsches Fluid, rheologisch einfaches Fluid, integrale und differenzielle Stoffgesetze, empirische Stoffgesetze, nicht lineares Fließen, Normalspannungsdifferenzen, Dehnviskosität, Relaxationszeit. Kinematische Konzepte: Strom-, Bahn- und Streichlinie, Eigenschaften und Beschreibung von Strömungen, Schichtenströmungen, Dehnströmungen. Kontinuumsmechanische Konzepte: Massen- und Volumenkräfte, Extraspannungen, thermodynamischer Druck, Masse-, Energie und Impulsbilanz, Erhaltungssätze. Strömungen die durch die Fließfunktion kontrolliert werden (Rohr-, Schlepp-Druck-, Schraubenströmung); Strömungen die durch die Normalspannungsdifferenz kontrolliert werden (Weissenberg-Effekt, Strangaufweitung); Dehnströmungen (Ziehen eines Fadens, Dehnen einer Lamelle, pulsierende Blase).

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Lehrveranstaltungen**

22962 – Strömungsmechanik nicht-Newtonscher Fluide

### 4.3 Fach 6200 Gas-Partikel-Systeme

#### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Gas-Partikel-Messtechnik (bisher Gas-Partikel-Systeme I)</b>	Dittler	WS	2 + 1	6
2	<b>Gas-Partikel-Trennverfahren</b>	Meyer	WS	2 + 1	6
3	<b>Nanopartikel – Struktur und Funktion</b>	Meyer	SS	2 + 1	6
4	<b>Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung</b>	Dittler	SS	2 + 0	4
5	<b>Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen</b>	Hochstein	SS	2 + 0	4
6	<b>Datenanalyse und Statistik</b>	Guthausen	WS	2 + 0	4
7	<b>Wirbelschichttechnik</b>	Rauch	WS	2+0	4

#### Kombinationen:

- Modul 1 = Pflichtmodul
- Es kann nur Modul 5 oder 6 gewählt werden

#### Prüfungsmodus:

Mündliche Prüfung der einzelnen Modtellungen

### 4.3.1 Modul 6105 Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Bernhard Hochstein

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, strömungsmechanische Fragestellungen, mit Hilfe der Dimensionsanalyse zu analysieren und die für das Problem relevanten dimensionslosen Kennzahlen zu ermitteln. Zudem ist der Studierende fähig für konkrete Fragestellungen exakte mathematische Beschreibungen und für „Klassen von Problemen“ allgemein gültige mathematische Formulierungen herzuleiten und das Ergebnis kritisch zu beurteilen. Die Studierenden sind in der Lage die Eigenschaften nicht-Newtonscher Fluide ebenso zu berücksichtigen wie temperaturabhängige Stoffgrößen und somit die Auswirkungen von Temperaturänderungen. Die Studierenden sind fähig Ähnlichkeitsgesetze – nicht nur auf Größenänderungen – anzuwenden.

#### **Inhalt**

Dimensionsanalyse als exakte Wissenschaft, Voraussetzungen, Möglichkeiten,  $\pi$  - Theorem, dimensionslose Kennzahlen ( $\pi$  -Produkte), Vorgehensweise zur Ermittlung aller relevanten Daten eines Problems. Ermittlung und Anwendung von Ähnlichkeitsgesetzen (Scale-up). Beispiele: Schleppwiderstand eines Schiffes, Widerstand eines umströmter Körper, Druckverlust einer Rohrströmung bei glatten und rauhen Wänden, Durchströmung einer Packung (Gesetze von Darcy, Molerus u.a., Karman & Kozeny, Ergun); Leistungsbedarf eines Rührkessels; Rühren nicht-Newtonscher Fluide; Kennlinie einer Kreiselpumpe; Zerstäuben einer Flüssigkeit in einer Einstoffdüse, Suspendieren in einem Rührwerk, Herstellen von flüssig/flüssig Emulsionen, Konvektiver Wärmeübergang an einer überströmten Platte.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Wird in der Vorlesung angegeben



### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22927 – Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen; 2 V

### **Dozenten**

Dr.-Ing. B. Hochstein

### 4.3.2 Modul 5225 Gas-Partikel-Messtechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht im Vertiefungsfach „Gas-Partikel-Systeme“

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Studierende können Fragestellungen rund um die Gas-Partikel-Messtechnik durch Kenntnis der erforderlichen Analyseschritte und die Wahl einer für die Aufgabenstellung geeigneten Partikelmesstechnik selbstständig lösen.

#### **Inhalt**

Aspekte der Partikelmesstechnik; Probenahme; Probenvorbereitung; Dispergierung; Abbildende Messverfahren; Zählverfahren; Trennverfahren; Spektroskopie; Gasanalytik.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h (Vorlesung und Übung)
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22917 – Gas-Partikel Systeme I, Vorlesung 2 SWS
- 22918 – Übungen zu 22917, Übung 1 SWS

### 4.3.3 Modul 6304 Gas-Partikel-Trennverfahren

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Jörg Meyer

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Inhalt**

Grundlagen: Kennzeichnung einer Trennung, Elementartheorie für Sichter und Abscheider, Auswahlkriterien und Bewertung von Trennapparaten, Gesetzliche Rahmenbedingungen. Trennapparate für Gas-Partikel-Systeme: Sichter im Erdschwerefeld und Fliehkraftfeld, Fliehkraftabscheider (Gaszyklon), Filternde Abscheider, Nassabscheider (Wäscher), Elektrische Abscheider (Elektrofilter).

Funktionsweise, Bauformen, Einsatzbereiche, Praxisbeispiele. Näherungsrechnungen zur Quantifizierung von Abscheideleistung und Energieaufwand bei exemplarischen Abscheideaufgaben.

**Lehrveranstaltungen**

- 22939 – Gas-Partikel- Trennverfahren, Vorlesung 2 SWS
- 22940 – Übungen zu 22939, Übung 1 SWS

#### 4.3.4 Modul 6307 Datenanalyse und Statistik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Gisela Guthausen

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Gas-Partikel Systeme

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können statistische Angaben verstehen und beurteilen. Sie können aus der Vielfalt der neuen statistischen Methoden der Datenauswertung die für eine konkrete Fragestellung geeignete Methode finden und vergleichend mit anderen Ansätzen beurteilen.

##### **Inhalt**

Einführung in die Statistik und Anwendung auf die Datenanalyse in der Analytik. Einfache beschreibende Statistik mit Größen, wie Standardabweichung, typischen Verteilungen und deren Anwendungen. Die Anwendung dieser Werkzeuge führt zu statistischen Tests, die zur Approximation und Regression benötigt werden. Chemometrische Datenverarbeitung und statistische Behandlung großer Datensätze werden am Beispiel von multivariaten Näherungen zur Aufdeckung von Korrelationen studiert.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

Angaben während der Vorlesung.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22943 – Datenanalyse und Statistik, Vorlesung 2 SWS

#### 4.3.5 Modul 6607 Nanopartikel - Struktur & Funktion

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Jörg Meyer

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Produktgestaltung
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Lehrveranstaltungen**

- 22936 Nanopartikel Struktur und Funktion, Vorlesung 2 SWS
- 22937 Übungen zu Nanopartikel Struktur und Funktion, Übung 1 SWS

#### 4.3.6 Modul 6202 Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Studierende entwickeln ein Verständnis für die Herausforderungen der motorischen Abgasnachbehandlung auf Basis der vermittelten Grundlagen der Zusammensetzung motorischer Emissionen. Sie sind in der Lage, anwendungsgerechte Lösungen zur Emissionsminderung zu definieren und kennen die wesentlichen Problemstellungen im Betriebsverhalten der jeweiligen Komponenten (Oxidationskatalysator, Partikelfilter, SCR-Katalysator, Ammoniak-Schlupf-Katalysator). Die Studierenden lernen aktuelle Fragestellungen sachlich einzuordnen und selbstständig zu bewerten.

##### **Inhalt**

- Zusammensetzung verbrennungsmotorischer Abgase
- Gesetzliche Rahmenbedingungen
- Oxidationskatalysatoren: Aufbau, Funktionsweise & Auslegung
- Partikelreduktion – Abgasnachbehandlung mit Partikelfiltern: Aufbau, Funktion & Auslegung von Partikelfiltern; Rußentfernung; Alterung durch Ascheablagerungen; Ascheentfernung
- Stickoxidreduktion – Abgasnachbehandlung mittels selektiver katalytischer Reduktion: Grundlegende Reaktionen; mögliche Reduktionsmittel; AdBlue® – Spezifikation & Aufbereitung; Charakterisierung angewandter Katalysatoren
- Kombinierte Abgasnachbehandlungssysteme – Aufbau & Funktionsweise
- Sicherheits- und fahrzeugtechnische Aspekte der Abgasnachbehandlungsintegration ins Fahrzeug

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

Vertiefungsfach: Gas-Partikel-Systeme

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehr- und Lernformen**

22992 – Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung; 2 V

### 4.3.7 Modul 5215 Wirbelschichttechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes Wintersemester

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Reinhard Rauch

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Gas-Partikel-Systeme

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Verständnis für Wirbelschichten, Design Berechnung und Auslegung von Wirbelschichten inkl. Gasverteiler, Vor- und Nachteile von Wirbelschichten und industrielle Anwendungen.

#### **Inhalt**

Grundlagen der Wirbelschicht, Erklärung von stationärer Wirbelschicht, zirkulierende Wirbelschicht und Zweibettwirbelschicht, Berechnung von Lockerungspunkt und Schwebegeschwindigkeit, Klassifikation von Partikeln, Design von Gasverteilerboden, theoretische Grundlagen von Blasenbildung in der Wirbelschicht, Wärmeübergang, Kaltmodelle und CFD Simulation zur Auslegung von Wirbelschichten, industrielle Beispiele von Wirbelschichten

#### **Literatur**

- Fluidized Beds, Jesse Zhu, Bo Leckner, Yi Cheng, and John R. Grace, Chapter 5 in Multiphase Flow Handbook. Sep 2005 , ISBN: 978-0-8493-1280-9, <https://doi.org/10.1201/9781420040470.ch5>
- Glicksman L.R., Hyre M., Woloshun K., "Simplified scaling relationships for fluidized beds" Powder Technology, 77, (1993)
- J. Werther, Fluidised-Bed Reactors, in Ullmanns Encyclopedia of industrial chemistry, [http://dx.doi.org/10.1002/14356007.b04\\_239.pub2](http://dx.doi.org/10.1002/14356007.b04_239.pub2)

#### **Arbeitsaufwand**

Präsenzzeit: 45 Stunden

Selbststudium 75 Stunden

Prüfungsvorbereitung und Prüfung: 60

#### **Leistungsnachweis/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO



Vertiefungsfach: Gas-Partikel-Systeme

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22303 – Wirbelschichttechnik, Vorlesung, 2 SWS

## 4.4 Fach 6300 Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Fest Flüssig Trennung</b>	Anlauf	WS	3 + 1	8
2	<b>Verarbeitung nanoskaliger Partikel</b>	Nirschl	WS	2 + 1	6
3	<b>Nanopartikel – Struktur und Funktion</b>	Meyer	SS	2 + 1	6
4	<b>Mikrofluidik</b> - Mikrofluidik - Fallstudien zu Mikrofluidik	Lenewit	WS	2 + 1	6
5	<b>Gas-Partikel-Trennverfahren</b>	Meyer	WS	2 + 1	6
6	<b>Einführung in die Agglomerationstechnik</b>	Anlauf	SS	2 + 0	4
7	<b>Mischen und Rühren</b>	Anlauf	WS	2 + 0	4
8	<b>Verfahrenstechnische Apparate und Maschinen und ihre Prozessintegration</b>	Nagel	WS	2 + 0	4
9	<b>Materialien für elektrochemische Speicher</b>	Tübke	WS	2 + 0	4
10	<b>Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen</b>	Hochstein	SS	2 + 0	4
11	<b>Datenanalyse und Statistik</b>	Guthausen	WS	2 + 0	4
12	<b>Instrumentelle Analytik</b>	Guthausen	SS	2 + 0	4
13	<b>Partikelmesstechnik und Anwendungen</b>	Guo	WS	2 + 0	4
14	<b>Grenzflächeneffekte in der Verfahrenstechnik</b>	Nicolaou	WS	2 + 0	4
15	<b>Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion</b>	Karbstein	WS	2 + 0	4
16	<b>Projektorientiertes Softwarepraktikum</b>	Krause	SS	1 + 3	4
17	<b>Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung</b>	Dittler	SS	2 + 0	4
18	<b>Bioprozessentwicklung</b>	Kopf	WS	2 + 0	4
19	<b>Sol-Gel-Prozesse</b> - Sol-Gel-Prozesse - Praktikum Sol-Gel-Prozesse	Müller	SS	2 + 0 0 + 1	6

### Kombinationen:

- Fächer, die bereits während des Bachelor-Studiums in Rahmen eines Profulfachs gehört wurden, sollten nicht gewählt werden
- Modul 16 nicht wählbar, wenn das Wahlpflichtmodul „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ gewählt wurde
- Modul 19: Das Praktikum Sol-Gel-Prozesse kann abgewählt werden, für das Modul werden dann 4 LP vergeben.

### Prüfungsmodus:

Mündliche Prüfung der einzelnen Module

#### 4.4.1 Modul 6105 Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Bernhard Hochstein

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, strömungsmechanische Fragestellungen, mit Hilfe der Dimensionsanalyse zu analysieren und die für das Problem relevanten dimensionslosen Kennzahlen zu ermitteln. Zudem ist der Studierende fähig für konkrete Fragestellungen exakte mathematische Beschreibungen und für „Klassen von Problemen“ allgemein gültige mathematische Formulierungen herzuleiten und das Ergebnis kritisch zu beurteilen. Die Studierenden sind in der Lage die Eigenschaften nicht-Newtonscher Fluide ebenso zu berücksichtigen wie temperaturabhängige Stoffgrößen und somit die Auswirkungen von Temperaturänderungen. Die Studierenden sind fähig Ähnlichkeitsgesetze – nicht nur auf Größenänderungen – anzuwenden.

**Inhalt**

Dimensionsanalyse als exakte Wissenschaft, Voraussetzungen, Möglichkeiten,  $\pi$ -Theorem, dimensionslose Kennzahlen ( $\pi$ -Produkte), Vorgehensweise zur Ermittlung aller relevanten Daten eines Problems. Ermittlung und Anwendung von Ähnlichkeitsgesetzen (Scale-up). Beispiele: Schleppwiderstand eines Schiffes, Widerstand eines umströmten Körper, Druckverlust einer Rohrströmung bei glatten und rauhen Wänden, Durchströmung einer Packung (Gesetze von Darcy, Molerus u.a., Karman & Kozeny, Ergun); Leistungsbedarf eines Rührkessels; Rühren nicht-Newtonscher Fluide; Kennlinie einer Kreiselpumpe; Zerstäuben einer Flüssigkeit in einer Einstoffdüse, Suspendieren in einem Rührwerk, Herstellen von flüssig/flüssig Emulsionen, Konvektiver Wärmeübergang an einer überströmten Platte.

**Literatur/Lernmaterialien**

Wird in der Vorlesung angegeben

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22927 – Dimensionsanalyse strömungsmechanischer Fragestellungen; 2 V

### **Dozenten**

Dr.-Ing. B. Hochstein

#### 4.4.2 Modul 6106 Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung
- Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Das Modul kann nicht in Kombination mit dem Wahlpflichtmodul „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ gewählt werden.

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die Grundlagen zur Herstellung von flüssigen und festen Formulierungen und können ausgewählte Verfahren auslegen. Sie kennen geeignete konventionelle und innovative Apparate. Sie identifizieren Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und qualitätsbestimmenden Eigenschaften von Formulierungen. Sie können Prozesswissen zwischen einzelnen Produktgruppen übertragen.

##### **Inhalt**

Emulgieren und Dispergieren: (LV FT2: H.P. Karbstein/LVT)

Besonderheiten flüssiger Formulierungen; Ziele der Verfahren; Grundlagen der Zerkleinerung und Stabilisierung von Tropfen und Partikeln in flüssiger Umgebung; Apparatetechnische Umsetzung: Anlagenaufbau und Prozessauslegung; Prozess- und Eigenschaftsfunktionen; Beurteilung der Produktqualität: Grundlagen und Messverfahren; neue Entwicklungen.

Extrusionstechnik: (LV FT4: M.A. Emin/LVT)

Grundlagen der Extrusionstechnik und der Gestaltung von extrudierten Produkten: Apparatenaufbau, Verfahrensauslegung, Charakterisierung des Prozesses und der Produkte (Grundlagen der Mess- und Modellierungstechnik).

Vorlesung ist Voraussetzung für ein Praktikum, das im Rahmen des NF oder VF LVT gewählt werden kann

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Köhler, K., Schuchmann, H. P.: Emulgiertechnik, 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg, 978-3-89947-869-3, 2012.
- Bouvier, J., Campanella, O.H.: Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials, Wiley-Blackwell, 2014

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 40 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 15 - 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22229 - Emulgieren und Dispergieren
- 22246 - Extrusionstechnik

### **Dozenten**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein, Dr.-Ing. Azad Emin

#### 4.4.3 Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Produktgestaltung

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalische Prinzipien der Agglomeration von Partikeln erläutern und nicht nur den dazu geeigneten Verfahren zuordnen, sondern auch ausgewählten Apparaten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern herzustellen und auf verschiedene Agglomerationsverfahren anzuwenden. Sie können Agglomerationsaufgaben mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben. Auf der Basis des Gelernten können die Studierenden beurteilen, ob und gegebenenfalls in welcher Form ein erfolversprechender Agglomerationsprozess gestaltet werden kann.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

Anlauf: Skriptum „Einführung in die Agglomerationstechnik“

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h (Vorlesung 2 SWS)
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO 2016

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22935 - Einführung in die Agglomerationstechnik

#### 4.4.4 Modul 6108 Mischen und Rühren

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalische Prinzipien des Mischens und Rührens erläutern und nicht nur den dazu geeigneten Verfahren zuordnen, sondern auch ausgewählten Apparaten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern herzustellen und auf verschiedene Misch- und Rühraufgaben anzuwenden. Sie können Misch- und Rühraufgaben mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben. Auf der Basis des Gelernten können sie beurteilen, ob und gegebenenfalls in welcher Form ein erfolversprechender Misch- und Rührprozess gestaltet werden kann.

**Inhalt**

Statistische Methoden zur Charakterisierung der Mischgüte; Charakterisierung der Fließeigenschaften von Schüttgütern und Flüssigkeiten; Einführung in die Dimensionsanalyse zur Ermittlung von mischtechnisch wichtigen Kennzahlen; Scale-up Verfahren für spezifische Mischprozesse auf der Basis der Ähnlichkeitstheorie; Feststoffmischverfahren, wie Freifall-, Schub-, Intensivmischer, Wirbelschicht-, Luftstrahl- und Umwälzmischer, Haldenmischverfahren; Fluidmischverfahren, wie Homogenisierung, Suspendierung, Emulgierung, Begasung und Wärmeübertragung; Statische Mischer und Knetter.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h (Vorlesung 2 SWS)
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO.

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22967 – Mischen und Rühren





#### 4.4.5 Modul 6113 Mikrofluidik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Gero Leneweit

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Inhalt**

Definition des Begriffes „Mikrofluidik“; Physik der Miniaturisierung, Größenskalen der Mikrofluidik; Einführung in die Mikrofabrikationstechniken; Fluidodynamik mikrofluidischer Systeme, Grundgleichungen der Strömungsmechanik, reibungsdominierte Strömungen; Elektrohydrodynamik von Mikrosystemen, Elektroosmose, Elektrophorese und DNA-Sequenzierung; Diffusion, Mischen und Trennen in Mikrosystemen; Grenzflächenphänomene und Mehrphasenströmungen in Mikrosystemen; Digitale Mikrofluidik und mikrofluidische Systeme.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22964 - Mikrofluidik - Grundlagen und Anwendungen
- 22971 - Fallstudien zur Mikrofluidik (Praktikum zu 22964)

#### **Dozenten**

Dr. Gero Leneweit

#### 4.4.6 Modul 6301 Fest Flüssig Trennung

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Ein Wahlpflichtfach wird für das Vertiefungsfach nicht gefordert.

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalischen Prinzipien der Abtrennung von Partikeln aus Flüssigkeiten anwenden und nicht nur den prinzipiell dafür geeigneten Trennapparaten zuordnen, sondern auch speziellen Varianten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern auf verschiedene Trenntechniken anzuwenden. Sie können Trennprobleme mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben.

##### **Inhalt**

Physikalische Grundlagen, Apparate, Anwendungen, Strategien; Charakterisierung von Partikelsystemen und Suspensionen; Vorbehandlungsmethoden zur Verbesserung der Trennbarkeit von Suspensionen; Grundlagen, Apparate und Anlagentechnik der statischen und zentrifugalen Sedimentation, Flotation, Tiefenfiltration, Querstromfiltration, Kuchenbildenden Vakuum und Gasüberdruckfiltration, Filterzentrifugen und Pressfilter; Filtermedien; Auswahlkriterien und Dimensionierungsmethoden für trenntechnische Apparate und Maschinen; Kombinationsschaltungen; Rechenbeispiele zur Lösung trenntechnischer Aufgabenstellungen.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

Anlauf: Skriptum "Mechanische Separationstechnik - Fest/Flüssig-Trennung"

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 H (Vorlesung 3 SWS, Übung 1SWS)
- Selbststudium: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 100 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22987- Mechanische Separationstechnik, Vorlesung 3 SWS
- 22988 - Übung zu 22987, Übung 1 SWS

#### 4.4.7 Modul 6302 Verarbeitung nanoskaliger Partikel

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Hermann Nirschl

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach „Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik“

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Fähigkeit zur Entwicklung eines Verarbeitungsprozesses für die Herstellung und Verarbeitung von nanoskaligen Partikeln.

**Inhalt**

Ideenfindung für technische Prozesse; Toxizität, Messtechnische Methoden, Grenzflächeneffekte, Partikelsynthese, Verarbeitungsverfahren: Zerkleinern, Separieren, selektive Separation, Klassierung, Mischen, Granulieren; Apparate-technische Grundlagen, Produktformulierung, Grundlagen der Simulation partikulärer Prozesse (SolidSim), Diskrete Simulationsmethoden.

**Literatur/Lernmaterialien**

Skriptum zur Vorlesung.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

(Summe 180 h)

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von xxx Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22921-Verfahrenstechnik nanoskaliger Partikelsysteme
- 22965-Übungen zu 22921-Verfahrenstechnik nanoskaliger Partikelsysteme

#### 4.4.8 Modul 6303 Nanopartikel - Struktur und Funktion

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler, Dr.-Ing. Jörg Meyer

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Produktgestaltung
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Lehrveranstaltungen**

- 22936 Nanopartikel Struktur und Funktion, Vorlesung 2 SWS
- 22937 Übungen zu Nanopartikel Struktur und Funktion, Übung 1 SWS

#### 4.4.9 Modul 6304 Gas-Partikel-Trennverfahren

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Jörg Meyer

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Inhalt**

Grundlagen: Kennzeichnung einer Trennung, Elementartheorie für Sichter und Abscheider, Auswahlkriterien und Bewertung von Trennapparaten, Gesetzliche Rahmenbedingungen. Trennapparate für Gas-Partikel-Systeme: Sichter im Erdschwerefeld und Fliehkraftfeld, Fliehkraftabscheider (Gaszyklon), Filternde Abscheider, Nassabscheider (Wäscher), Elektrische Abscheider (Elektrofilter). Funktionsweise, Bauformen, Einsatzbereiche, Praxisbeispiele. Näherungsrechnungen zur Quantifizierung von Abscheideleistung und Energieaufwand bei exemplarischen Abscheideaufgaben.

**Lehrveranstaltungen**

- 22939 – Gas-Partikel- Trennverfahren, Vorlesung 2 SWS
- 22940 – Übungen zu 22939, Übung 1 SWS

#### 4.4.10 Modul 6305 Verfahrenstechnische Apparate und Maschinen und ihre Prozessintegration

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Manfred Nagel

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im "Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Inhalt**

Vermittlung von Methoden und die Sensibilisierung für Randbedingungen zur Systematik der ingenieurwissenschaftlichen Verfahrensentwicklung. Vor dem Vordiplom und in den verfahrenstechnischen Grundlagenfächern wurde die Beschreibung/Analyse separater physikalischer Vorgänge behandelt. Ihre Verknüpfung bei der Auswahl, Dimensionierung, Verschaltung und Optimierung geeigneter Apparate und Maschinen und deren Integration bei der verfahrenstechnischen Prozessentwicklung soll dargelegt und anhand verschiedenster Beispiele aus der Praxis untermauert werden.

**Lehrveranstaltungen**

- 22941 Verfahrenstechnische Apparate und Maschinen und ihre Prozessintegration (Blockvorlesung der Evonik Industries AG)



#### 4.4.11 Modul 6306 Materialien für elektrochemische Speicher

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Jens Tübke

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik.

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die Funktionsweise elektrochemischer Speicher und die dazu erforderlichen elektrochemischen Grundlagen. Sie sind in der Lage selbständig bei vorgegebenen Materialkombinationen für eine elektrochemische Zelle die zu erwartenden Eigenschaften und Betriebsparameter zu berechnen. Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Materialien und verfahrenstechnische Prozesse für zukünftige Batteriechemien kritisch zu bewerten und mögliche Anwendungsfelder für daraus aufgebaute elektrochemische Speicher anzugeben. Für unterschiedliche Anwendungen elektrochemischer Speicher können die Studierenden aus den möglichen Batterietypen geeignete auswählen und sind in der Lage eine geeignete Systemkonfiguration vorzuschlagen.

**Inhalt**

##### Elektrochemische Grundlagen

Einführung in die Elektrochemie, Elektrochemische Potentiale, Konzentrationsabhängigkeit, Elektrochemische Methoden.

##### Grundlagen elektrochemischer Speichersysteme

Aufbau und Funktionsweise von primären und sekundären Batterien  
Volta-Batterie / Leclanche-Element, Alkali-Mangan, Zink-Kohle, Blei-Säure, Zink-Luft, Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid, Redox-Flow-Batterien, Hochtemperaturbatterien, Lithium Ionen Batterien, Neue Speichersysteme (z.B. Li-O, Li-S)

Aufbau und Funktionsweise von Superkondensatoren, Aufbau von hybriden Systemen

##### Werkstoffe und Verfahren für elektrochemische Speicher

Einlagerungs- und Konversionselektroden, Polymere und keramische Separatoren

Elektrolytadditive und Elektrodenbeschichtungen

Flüssige und feste Elektrolytsysteme

Ableitermaterialien (Metalle, modifizierte Kunststoffe), Gehäusematerialien

Stackaufbau und verwendete Materialien in Redox-Flow-Batterien

##### Produktionsverfahren und Prozesse zur Fertigung von Batteriezellen

Aufbauprinzipien und Produktionsverfahren für wasserbasierte Batteriesysteme (Blei-Säure, Nickel-Metallhydrid)

Vertiefungsfach: Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

Aufbauprinzipien und Produktionsverfahren für Lithium-basierte Batteriesysteme

Elektrodenfertigung im Pastierverfahren (Pastenherstellung, Applikation, Trocknungsverfahren)

Herstellungsverfahren für Separationsfolien für unterschiedliche Batteriesysteme

Neue Herstellungsverfahren für post-Lithium-Ionen Batterien (Li-O, Li-S) und Legierungs-basierte Anoden

Qualitätssicherungsverfahren in der Zellenproduktion

Zellenformierung und Testverfahren für Zellen

Herstellungsverfahren für Stackkomponenten für Redox-Flow-Batterien

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 80
- Prüfungsvorbereitung: 10

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO Master 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22990 - Materialien für elektrochemische Speicher und Wandler

#### 4.4.12 Modul 6307 Datenanalyse und Statistik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Gisela Guthausen

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Gas-Partikel Systeme

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können statistische Angaben verstehen und beurteilen. Sie können aus der Vielfalt der neuen statistischen Methoden der Datenauswertung die für eine konkrete Fragestellung geeignete Methode finden und vergleichend mit anderen Ansätzen beurteilen.

#### **Inhalt**

Einführung in die Statistik und Anwendung auf die Datenanalyse in der Analytik. Einfache beschreibende Statistik mit Größen, wie Standardabweichung, typischen Verteilungen und deren Anwendungen. Die Anwendung dieser Werkzeuge führt zu statistischen Tests, die zur Approximation und Regression benötigt werden. Chemometrische Datenverarbeitung und statistische Behandlung großer Datensätze werden am Beispiel von multivariaten Näherungen zur Aufdeckung von Korrelationen studiert.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Angaben während der Vorlesung.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22943 – Datenanalyse und Statistik, Vorlesung 2 SWS

#### 4.4.13 Modul 6308 Instrumentelle Analytik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch oder englisch bei Bedarf.

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Gisela Guthausen

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Wassertechnologie

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

##### **Qualifikationsziele**

Am Ende der Lehrveranstaltung sollen die Studierenden befähigt sein, die verschiedenen Verfahren zu beschreiben und kritisch zu vergleichen. Der Einsatz der Verfahren zur Beantwortung einer konkreten Fragestellung kann vergleichend kritisch abgewogen und beurteilt werden.

##### **Inhalt**

Einführung in ausgewählte Methoden der instrumentellen Analytik wie beispielsweise optische Methoden und magnetische Resonanzverfahren. Analytik über bildgebende Verfahren wie die MRI,  $\mu$ CT und optische Mikroskopie (CLSM und OCT) und Grundlagen der Daten- und Bildanalyse werden vorgestellt. Der Fokus liegt dabei auf einer anschaulichen Darstellung der physikalisch-chemischen Grundlagen und den zugrundeliegenden Prinzipien sowie der Anwendungsfelder.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

Hinweise werden im jeweiligen Kontext in der Vorlesung angegeben.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22942 – Instrumentelle Analytik, Vorlesung 2 SWS

#### 4.4.14 Modul 6309 Partikelmesstechnik und Anwendungen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr. Xiaoai Guo

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik“

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, die unterschiedlichen Messverfahren zur Partikelanalyse bzw. on-line/in-situ Prozessüberwachung in der Verfahrens- und Umwelttechnik auszuwählen. Die Studierenden können die technischen Vor- und Nachteile beurteilen und damit praktische Lösungen finden.

**Inhalt**

Einführung in die Partikelmesstechnik; Beschreibung der Partikeleigenschaften (Pulver, Suspensionen und Aerosole), Messungen an Einzelpartikeln und Partikelkollektive, Darstellung von Partikelgrößen und Partikelgrößenverteilungen (PGV), Bedeutung und Anwendungsbeispiele. Moderne on-line/off-line/in-situ Messverfahren und -geräte; Probenahme und Probenvorbereitung, Elektronenmikroskopie (REM/TEM) zur Bildanalyse der Partikelgröße und Morphologie, Gas Adsorption (BET) zur Analyse poröser Materialien, Atomic Force Microscope (AFM) zur Messung von Oberflächenrauigkeit und Haftkräften, Niederdruckimpaktor (LPI) und Zentrifugation zur Bestimmung von PGV, Lichtstreuung (LS) und Laserbeugung zur Messung von PGV, Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM) zur Bestimmung der Partikelmassenkonzentration, Coulter Counter, Optical Particle Counter (OPC) und Condensation Particle Counter (CPC) zur Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration, Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) zur Messung von PGV und Partikelkonzentration, Röntgenstreuung (SAXS/WAXS/XRD) zur Charakterisierung von Kristallen, Primärpartikeln und Aggregaten.

Ausgewählte Anwendungsbeispiele in der Verfahrens- und Umwelttechnik; In-situ zeit- bzw. ortsaufgelöste Nanostrukturanalyse bei Syntheseprozessen in der Gas- und Flüssigphase, Produktentwicklung und Qualitätskontrolle, Überwachung der Innen- und Außenluftqualität. Praktikumsversuch: Charakterisierung von Nanopartikeln mittels der SWAXS Laborkamera.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50h
- Prüfungsvorbereitung: 40h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22938 - Partikelmesstechnik und Anwendungen

#### 4.4.15 Modul 6311 Grenzflächeneffekte in der Verfahrenstechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

Sprache :

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Ioannis Nicolaou

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik".

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

**Inhalt**

Definitions, Applications and stability of dispersions;Molecular – kinetic properties of dispersions:Thermal molecular motion and Brownian motion, Diffusion in solutions and dispersions, sedimentation stability; Adsorption at solid-gas interface: Nature of adsorption forces, Langmuir monomolecular adsorption theory, polymolecular theory of Polanyi and BET-theory, capillary condensation, chemical adsorption, kinetic of adsorption, influence of the properties of adsorbent and adsorptive on adsorption; Adsorption at solution-gas interface: Surface tension, surface active and inactive substances, Adsorption equation of Gibbs, Shishkovsky-equation and the derivation of Langmuir-equation , effects of the structure and size of tenside molecules, structure of the adsorbed layer; Adsorption at solid-solution interface:Molecular adsorption from the solution, ionic adsorption, wetting phenomena;Electrical properties of dispersions, Introduction to electrokinetic phenomena, structure of the electric double layer (Theories of Helmholtz – Perrin, Gouy-Chapman and Stern), Effects of electrolytes on zeta-potential, Electrophoresis and Electroosmosis, Measurement of zeta-potential;Stability and Coagulation of dispersions:Kinetic of coagulation, interparticle energy potential, solvation, structural-mechanical and entropy effects, coagulation through electrolytes, adsorption phenomena and coagulation;Applications in Crystallization and Solid – Liquid Separation.

**Lehrveranstaltungen**

- 22948 - Grenzflächeneffekte in der Verfahrenstechnik

#### 4.4.16 Modul 6312 Projektorientiertes Softwarepraktikum

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch/Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr. Mathias Krause

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können über die eigene Fachdisziplin hinaus Probleme gemeinsam modellieren und simulieren. Sie haben eine kritische Distanz zu Ergebnissen und deren Darstellung erworben. Sie können die Ergebnisse der Projekte im Disput verteidigen. Sie haben die Bedeutung von Stabilität und Konvergenz von numerischen Verfahren aus eigener Erfahrung verstanden und sind in der Lage, Fehler aus der Modellbildung, der Approximation, der Berechnung und in der Darstellung zu bewerten.

##### **Inhalt**

Vorlesungsanteil: Einführung in Modellbildung und Simulationen von Strömungen, Wiederholung zugehöriger numerischer Verfahren, Einführung in zugehörige Software

Eigene Gruppenarbeit: Bearbeitung von 1-2 Projekten in denen Modellbildung, Diskretisierung, Simulation und Auswertung (z.B. Visualisierung) für konkrete Themen aus dem Bereich Strömungssimulation.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Schriftliche Ausarbeitung zu jedem Projekt.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note Ausarbeitung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 0161700 - Projektorientiertes Softwarepraktikum



#### 4.4.17 Modul 6202 Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Studierende entwickeln ein Verständnis für die Herausforderungen der motorischen Abgasnachbehandlung auf Basis der vermittelten Grundlagen der Zusammensetzung motorischer Emissionen. Sie sind in der Lage, anwendungsgerechte Lösungen zur Emissionsminderung zu definieren und kennen die wesentlichen Problemstellungen im Betriebsverhalten der jeweiligen Komponenten (Oxidationskatalysator, Partikelfilter, SCR-Katalysator, Ammoniak-Schlupf-Katalysator). Die Studierenden lernen aktuelle Fragestellungen sachlich einzuordnen und selbstständig zu bewerten.

##### **Inhalt**

- Zusammensetzung verbrennungsmotorischer Abgase
- Gesetzliche Rahmenbedingungen
- Oxidationskatalysatoren: Aufbau, Funktionsweise & Auslegung
- Partikelreduktion – Abgasnachbehandlung mit Partikelfiltern: Aufbau, Funktion & Auslegung von Partikelfiltern; Rußentfernung; Alterung durch Ascheablagerungen; Ascheentfernung
- Stickoxidreduktion – Abgasnachbehandlung mittels selektiver katalytischer Reduktion: Grundlegende Reaktionen; mögliche Reduktionsmittel; AdBlue® – Spezifikation & Aufbereitung; Charakterisierung angewandter Katalysatoren
- Kombinierte Abgasnachbehandlungssysteme – Aufbau & Funktionsweise
- Sicherheits- und fahrzeugtechnische Aspekte der Abgasnachbehandlungsintegration ins Fahrzeug

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

Vertiefungsfach: Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehr- und Lernformen**

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

#### 4.4.18 Modul 5220 Bioprozessentwicklung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Michael-Helmut Kopf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden:

- erhalten Kenntnis in Theorie und Anwendung von Prozesse und Techniken zur Entwicklung industrieller, bio-basierter Verfahren.
- erhalten Einsicht in den Ablauf der Entwicklung eines large-scale (zweistellige kt/a) industriellen Bioprozesses.
- lernen theoretisches Verständnis und praktische Anwendung (am relevanten Beispiel) zu kombinieren.
- verstehen die relevant einer techno-ökonomischen Bewertung als Basis der Entwicklung wettbewerbsfähiger Prozesse.

#### **Inhalt**

- Ablauf einer Prozessentwicklung (neuer / alternativer Prozess) hin zu einem bio-basierten Produktionsprozess:  
Ideation, Basiskonzept, kritische Analyse, Entwicklungsstationen
- Value Proposition des neuen Produktes / Prozesses:  
Qualität, Leistungsmerkmale, Preis, Eco-efficiency, Regionale Aspekte
- Kritische Aspekte im Entwicklungsprozess:  
Rohstofffragen, "Design to Cost", Spezifikation & Leistung, Regulatorik Eco-efficiency (Rohstoff- u. Energieeffizienz)
- Vom Labor in die Produktion (Schwerpunkt der Vorlesung):  
Phasen der Prozessentwicklung: Suchforschung, Proof of Principle, Proof of Concept, Scale-up, Apparatedesign, Anlagendesign, Produktion
- Competitor Intelligence:  
Wettbewerber und deren Prozesse, alternative Produkte mit ähnlicher / gleicher Anwendung.
- Benchmarking als Entwicklungswerkzeug:  
Cost Benchmarking (CoP) als Entwicklungswerkzeug zur Identifikation von Entwicklungspotenzialen.
- Produktionsszenarien:  
Eigene Investition, Toller, Produktionspartner

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehr- und Lernformen**

- 22933 Bioprozessentwicklung

#### 4.4.19 Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Steffen Peter Müller

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Verfahrenstechnik
- Produktgestaltung
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Technische Thermodynamik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind befähigt das komplette Verfahren, ausgehend von der chemischen Sol-Bildung (Sol = Dispersionskolloid) bis hin zum fertigen Produkt, wie etwa einer Keramik, zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind befähigt die einzelnen Schritte bis dorthin kritisch zu beurteilen und zu bewerten.

##### **Inhalt**

Herstellung von funktionalen Materialien durch Sol-Gel-Prozesse; Sol-Bildung: Hydrolyse und Kondensation; Vernetzung, Gelierung und Alterung; Deformation und Fließen von Gelen; Trocknung und Rissbildung; Struktur von Aero- und Xerogelen; Oberflächenchemie und Modifikation; Sinterung; Anwendungen: Pulver, Keramiken, Gläser, Filme, Membranen.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 22,5 h
- Praktikum: 11,5 h, 4 Versuche
- Selbststudium: 16 h
- Prüfungsvorbereitung: 130 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22110 – Sol-Gel-Prozesse
- 22111 – Praktikum zu 22110

**Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann im Vertiefungsfach Chemische Verfahrenstechnik auch ohne Praktikum gewählt werden, Umfang 4 LP.

## 4.5 Fach 6400 Umweltschutzverfahrenstechnik

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Water Technology</b>	Horn	WS	2 + 1	6
2	<b>Gas-Partikel-Trennverfahren</b>	Meyer	WS	2 + 1	6
3	<b>Energie und Umwelt</b> - <i>Verbrennung und Umwelt</i> - <i>Technical Systems for Thermal Waste Treatment</i>	Trimis Kolb	SS WS	4 + 0	8
4	<b>Process Engineering in Wastewater Treatment</b> - <i>Municipal Wastewater Treatment</i> - <i>International Sanitary Engineering</i>	Morck	WS	2 + 2	6
5	<b>Environmental Biotechnology</b>	Tiehm	WS	2 + 0	4
6	<b>Brennstofftechnik</b> - <i>Grundlagen der Brennstofftechnik</i>	Kolb	WS	2 + 1	6
7	<b>Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen</b>	Schmidt	SS	2 + 0	4
8	<b>Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung</b>	Dittler	SS	2 + 0	4

### Kombinationen:

Mindestens eines der Module 1 – 3 muss gewählt werden

### Prüfungsmodus:

Mündliche Prüfung der einzelnen Module

#### 4.5.1 Modul 6304 Gas-Partikel-Trennverfahren

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Jörg Meyer

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Inhalt**

Grundlagen: Kennzeichnung einer Trennung, Elementartheorie für Sichter und Abscheider, Auswahlkriterien und Bewertung von Trennapparaten, Gesetzliche Rahmenbedingungen. Trennapparate für Gas-Partikel-Systeme: Sichter im Erdschwerefeld und Fliehkraftfeld, Fliehkraftabscheider (Gaszyklon), Filternde Abscheider, Nassabscheider (Wäscher), Elektrische Abscheider (Elektrofilter).

Funktionsweise, Bauformen, Einsatzbereiche, Praxisbeispiele. Näherungsrechnungen zur Quantifizierung von Abscheideleistung und Energieaufwand bei exemplarischen Abscheideaufgaben.

**Lehrveranstaltungen**

- 22939 – Gas-Partikel- Trennverfahren, Vorlesung 2 SWS
- 22940 – Übungen zu 22939, Übung 1 SWS



## 4.5.2 Modul 6401 Water Technology

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht im Vertiefungsfach „Wassertechnologie“

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind mit den Grundlagen der Wasserchemie hinsichtlich Art und Menge der Wasserinhaltsstoffe vertraut und können deren Wechselwirkungen und Reaktionen in aquatischen Systemen erläutern. Die Studierenden erhalten Kenntnisse zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Prozessen der Trinkwasseraufbereitung. Sie sind in der Lage Berechnungen durchzuführen, die Ergebnisse zu vergleichen und zu interpretieren. Sie sind fähig methodische Hilfsmittel zu gebrauchen, die Zusammenhänge zu analysieren und die unterschiedlichen Verfahren kritisch zu beurteilen.

**Inhalt**

Wasserkreislauf, Nutzung, physikalisch-chemische Eigenschaften, Wasser als Lösemittel, Härte des Wassers, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht; Wasseraufbereitung (Siebung, Sedimentation, Flotation, Filtration, Flockung, Adsorption, Ionenaustausch, Gasaustausch, Entsäuerung, Enthärtung, Oxidation, Desinfektion); Anwendungsbeispiele, Berechnungen.

**Literatur/Lernmaterialien**

- Crittenden J. C. et al. (2005): Water Treatment, Principles and Design. Wiley & Sons, Hoboken.
- DVGW-Handbuch (2004): Wasseraufbereitung-Grundlagen und Verfahren, Oldenbourg, München.
- Vorlesungsskript (ILIAS Studierendenportal), Praktikumsskript.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 75 h

Vertiefungsfach: Umweltschutzverfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22621 – Water Technology
- 22622 – Exercises to Water Technology

### 4.5.3 Modul 6402 Energie und Umwelt

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 2 Semester      **Modulturnus:** Jährlich

**Sprache:** Deutsch/ Englisch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis; Prof. Dr.-Ing. Thomas Kolb

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Umweltschutzverfahrenstechnik"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Inhalt**

##### Vorlesung „Technical Systems for thermal waste treatment“:

- Waste: definition, specification, potential;
- Basic thermo-chemical processes for waste treatment: pyrolysis, gasification, combustion
- Technical systems for thermal waste treatment:
  - combustion: Grate furnace, rotary kiln, fluidized bed,
  - gasification: fixed bed, fluidized bed, entrained flow
  - pyrolysis: rotary kiln
- Refractory technology
- Legal aspects of waste management
- Tools for critical evaluation of waste treatment technologies
- Excursion to industrial sites

##### Vorlesung „Verbrennung und Umwelt“:

- Bedeutung des Umweltschutzes
- Schadstoffe aus der Verbrennung und ihre Wirkung
- Mechanismen der Schadstoffbildung
- Feuerungsbezogene Maßnahmen (Primärmaßnahmen) zur Emissionsminderung;
- Rauchgasreinigung: Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung
- Emissionen bei motorischer Verbrennung und Verbrennung in Gasturbinen

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22516 - Technical Systems for Thermal Waste Treatment, Vorlesung 2 SWS, WS
- 22507 – Verbrennung und Umwelt, Vorlesung 2 SWS, SS

#### 4.5.4 Modul 6403 Process Engineering in Wastewater Treatment

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

**Modulverantwortlicher**

Dr. Tobias Morck

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Wassertechnologie
- Umweltschutzverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden verfügen über das Wissen typischer Verfahrenstechniken der Abwasserreinigung im In- und Ausland. Sie sind in der Lage, diese technisch zu beurteilen und unter Berücksichtigung rechtlicher Randbedingungen flexibel zu bemessen. Die Studierenden können die Anlagentechnik analysieren, beurteilen und betrieblich optimieren. Es gelingt eine energetisch effiziente Auslegung unter Berücksichtigung wesentlicher kostenrelevanter Faktoren. Die Studierenden können die Situation in wichtigen Schwellen und Entwicklungsländern im Vergleich zu der in den Industrienationen analysieren und wasserbezogene Handlungsempfehlungen entwickeln.

**Inhalt**

Kommunale Abwassereinigung:

Die Studierenden erlangen vertieftes Wissen über Bemessung und Betrieb typischer Verfahrenstechniken der kommunalen Abwasserreinigung in Deutschland. Behandelt werden u.a.

- Verschiedene Belebungsverfahren
- Anaerobtechnik und Energiegewinnung
- Kofermentation und nachwachsende Rohstoffe
- Filtrationsverfahren
- Abwasserdesinfektion und pathogene Keime
- Chem. und biologische Phosphorelimination
- Spurenstoffelimination
- Ressourcenschutz und Energieeffizienz

Internationale Siedlungswasserwirtschaft:

Die Studierenden verfügen über das Wissen der Bemessung und des Betriebs der im internationalen Raum eingesetzten Techniken zur Wasseraufbereitung. Sie können diese Techniken analysieren, beurteilen und entscheiden, wann neue, stärker ganzheitlich orientierte Methoden eingesetzt werden können. Behandelt werden:

- Belebungsverfahren
- Tropf- und Tauchkörper
- Teichanlagen
- Bodenfilter / Wetlands
- UASB / EGSB / Anaerobe Filter
- Dezentrale versus zentrale Systeme
- Stoffstromtrennung
- Energiegewinnung aus Abwasser
- Trinkwasseraufbereitung
- Abfallwirtschaft

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Imhoff, K. u. K.R. (1999): Taschenbuch der Stadtentwässerung, 29. Aufl., Oldenbourg Verlag, München, Wien.
- ATV-DVWK (1997): Handbuch der Abwassertechnik: Biologische und weitergehende Abwasserreinigung, Band 5, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- TV-DVWK(1997): Handbuch der Abwassertechnik: Mechanische Abwasserreinigung, Band 6, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- Sperling, M., Chericaro, C.A.L. (2005): Biological Wastewater Treatment in warm Climate Regions, IWA publishing, London.
- Wilderer, P.A., Schroeder, E.D. and Kopp, H. (2004): Global Sustainability - The Impact of Local Cultures. A New Perspective for Science and Engineering, Economics and Politics WILEY-VCH.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Die Erfolgskontrolle besteht aus zwei Teilleistungen:

- Studienleistung nach § 4 Abs. 3 SPO:  
Prüfungsvorleistung zur mündlichen Prüfung: Gruppenvortrag (20 min) und schriftliche Ausarbeitung (ca. 10 Seiten)
- Mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- Municipal Wastewater Treatment (SWS 1 + 1)
- International Sanitary Engineering (SWS 1 + 1)

#### 4.5.5 Modul 6404 Environmental Biotechnology

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Andreas Tiehm

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Biologie
- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Wassertechnologie

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Prinzipien der Mikrobiologie und deren technische Anwendung erklären. Sie sind in der Lage technisch relevante mikrobiologische Zusammenhänge auf ökologische, bio- und umwelttechnische Prozesse zu übertragen. Sie können biotechnologische Verfahren hinsichtlich leistungsbegrenzender Faktoren analysieren und Prozesskombinationen zur Steigerung der Umsatzraten unter ökologisch-ökonomischen Gesichtspunkten beurteilen.

##### **Inhalt**

Grundlagen Umweltbiotechnologie, Anwendungsgebiete, Stoffwechselltypen, Abbaubarkeit, Testverfahren zur Abbaubarkeit, Nährstoffe, Elektronenakzeptoren, Toxizität, Wachstumskinetik, Biologische Abwasserreinigung, Belebtschlammverfahren, Tropfkörper, Membranbioreaktoren, Klärschlammbehandlung, Biogasbildung, Desintegrationsverfahren, Mikrobiologischer Abbau von Schadstoffen (PAK, CKW), Sanierung kontaminierter Standorte, Natürlicher Abbau (Natural Attenuation), Uferfiltration, Trinkwasser-Aufbereitung, Monitoring-Methoden (Kulturverfahren, Molekularbiologie).

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22614 Environmental Biotechnology

#### 4.5.6 Modul 6405 Brennstofftechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Thomas Kolb

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik (Falls nicht bereits in "Chemische Energieträger und Brennstofftechnologie gewählt)

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, Energierohstoffe und daraus erzeugte Brennstoffe/chemische Energieträger zu charakterisieren und die Prozesse und Verfahren zur Erzeugung von chemischen Energieträgern bezüglich Verfahrenstechnik, Kosten und Umweltrelevanz kritisch zu bewerten.

#### **Inhalt**

- Überblick über die Energierohstoffe: Kohle, Öl, Gas, Biomasse - Entstehung, Vorräte, Verbrauch
- Technik der Förderung
- Charakterisierung und Analytik der Energierohstoffe und Brennstoffe
- Grundlagen, Prozesse und Verfahren zur Wandlung von Energierohstoffen in chemische Energieträger/Brennstoffe
- Prozesse und Verfahren der Brennstoff-Nutzung: Strom / Wärme, Mobilität, Synthese
- Vergleichende Bewertung von Prozessketten zur Wandlung und Nutzung von Brennstoffen auf Basis von LCA, Ökoeffizienzanalyse

### **Literatur/Lernmaterialien**

- "Die Veredlung und Umwandlung von Kohle Technologien und Projekte 1970 bis 2000 in Deutschland"; ISBN 978-3-936418-88-0
- „Grundlagen der Gastechnik“; ISBN 978-3446211094
- "Handbook of Fuels"; ISBN 978-3-527-30740-1
- „Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry“; ISBN 978-3-5273-0673-2

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22305 - Grundlagen der Brennstofftechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22306 – Übungen und Demonstrationen zu 22305, 1 SWS



#### 4.5.7 Modul 6406 Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Professor Dr.-Ing. Jürgen Schmidt

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage, Risiken von technischen Anlagen systematisch abzuschätzen, Auswirkungen von möglichen Störfällen zu bewerten und geeignete sicherheitstechnische Gegenmaßnahmen zu definieren.

Die Vorlesung ist in Themenblöcke aufgeteilt.

##### Risikomanagement:

Sie können ...

- mit einer technischen Risikoanalyse Gefahren einstufen
- Risiken qualitativ und quantitativ definieren und einschätzen
- mit dem Risikografen Anforderungen an Schutzeinrichtungen bestimmen
- wesentliche Inhalte / Begriffe der Störfallverordnung wiedergeben
- ein Anlagensicherheitskonzept erstellen und bewerten
- eine Sicherheitsanalyse für eine Anlage durchführen

##### Gefahrstoffe:

Sie können ...

- Wirkung / Aufnahmewege toxischer Stoffe beschreiben
- Begriffe / Vorschriften einordnen
- Einstufungen vornehmen von ...
  - Gefährlichkeitsmerkmalen
  - Kennzeichnungen / Verpackungen
  - Sicherheitstechnischen Kenngrößen

- Grundlagen des Arbeitsschutzes anwenden (Grenzwerte / Betriebsanweisung)

#### Exotherme Chemische Reaktionen:

Sie können ...

- Ursachen für Durchgehreaktionen erkennen
- Gesetzliche Vorgaben anwenden
- Gefahren ermitteln und bewerten
- Sicherheitstechnische Kenngrößen festlegen
- Reaktionskalorimetrische Daten interpretieren (DTA / DWStau)
- Wärmebilanzen von Reaktoren beurteilen

#### Sicherheitseinrichtungen:

Sie sollen ...

- Die Bauarten und Einsatzbereiche von Sicherheitseinrichtungen kennen
- Die Funktion und Charakteristiken von Sicherheitsventilen beschreiben können
- Den Weg zur Auslegung von Sicherheitseinrichtungen im Detail wiedergeben können  
Rückhalteeinrichtungen:

Sie sind in der Lage ...

- Die Bauarten und Einsatzbereiche von Rückhaltesystemen wiederzugeben
- Zyklonabscheider und Schwerkraftabscheider für Notentlastungssysteme auszulegen
- Rückhaltesysteme für Chemieanlagen sicherheitstechnisch zu bewerten
- Notkühlung und Stoppersysteme als Alternative zu Entlastungssystemen vorzuschlagen

#### Ausbreitung von Gefahrstoffen:

Sie sind in der Lage ...

- zu entscheiden, ob Stoffe bei Notentlastungen von Reaktoren in die Atmosphäre entlastet werden dürfen
- Einflussgrößen auf die Ausbreitung von Schadstoffen zu beschreiben
- Störfall-Beurteilungswerte zu benennen und zu erklären
- das Vorgehen bei der Ausbreitungsrechnung zu beschreiben
- Empfehlungen für die Betriebe zu geben, worauf bei der Entlastung von Gefahrstoffen zu achten ist
- vorhandene Notentlastungseinrichtungen zu bewerten

### PLT Schutzeinrichtungen:

Sie sollen ...

- PLT-Einrichtungen klassifizieren können
- die Anforderungen an eine PLT-Schutzeinrichtungen benennen können
- die Vorgehensweise zur Auslegung von PLT-Schutzeinrichtungen wiedergeben können
- den Einsatz vorhandener PLT-Schutzeinrichtungen bewerten können

### Explosionsschutz:

Sie sind in der Lage ...

- die Voraussetzungen für das Auftreten von Explosionen zu benennen
- Explosionsbereiche bei Zweistoffsystemen/Dreistoffsystemen einzugrenzen
- Sicherheitstechnische Kennzahlen wie Mindestzündenergie/Zündtemperatur und die Explosionskenngößen ( $P_{max}$ , KG) zu definieren und die damit verbundenen Konzepte zu beschreiben
- Schutzmaßnahmen für die Vermeidung von Explosionen zu vorschlagen
- Vorhandene Schutzmaßnahmen an Anlagen zu bewerten

### Elektrostatik:

Sie sind in der Lage ...

- Die verschiedenen Formen der elektrostatischen Aufladung und Entladung von Gegenständen und Einrichtungen zu beschreiben
- Schutzmaßnahmen gegen Explosionen aufzuzeigen
- Vorhandene Schutzmaßnahmen zu bewerten und Empfehlungen für die korrekte Ausführung bei neuen Anlagen zu geben

### **Inhalt**

Einführung in den Schutz von Mensch und Umwelt vor den Gefahren von technischen Anlagen in der Chemie, Petrochemie, Pharmazie und im Bereich Öl und Gas. Durch Risikomanagement lassen sich Störfälle vermeiden und die Auswirkungen von Ereignissen begrenzen. Risikomanagement, Handhabung von Gefahrstoffen, Vermeidung von Durchgehireaktionen bei gefährlichen chemischen Reaktionen, Auslegung von Schutzeinrichtungen für Notentlastungen wie Sicherheitsventile, Berstscheiben und nachgeschaltete Rückhalteeinrichtungen. Moderne Prozessleittechnische Systeme, Emission und Ausbreitung von Gefahrstoffen in der Atmosphäre sowie Explosionsschutz und Brandschutz.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

Vertiefungsfach: Umweltschutzverfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Vorlesungsblocknote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22308 – Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen

### **Allgemeine Hinweise**

Die Vorlesung wird als Blockvorlesung mit Exkursion in einen Störfallbetrieb gehalten.

#### 4.5.8 Modul 6202 Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Studierende entwickeln ein Verständnis für die Herausforderungen der motorischen Abgasnachbehandlung auf Basis der vermittelten Grundlagen der Zusammensetzung motorischer Emissionen. Sie sind in der Lage, anwendungsgerechte Lösungen zur Emissionsminderung zu definieren und kennen die wesentlichen Problemstellungen im Betriebsverhalten der jeweiligen Komponenten (Oxidationskatalysator, Partikelfilter, SCR-Katalysator, Ammoniak-Schlupf-Katalysator). Die Studierenden lernen aktuelle Fragestellungen sachlich einzuordnen und selbstständig zu bewerten.

##### **Inhalt**

- Zusammensetzung verbrennungsmotorischer Abgase
- Gesetzliche Rahmenbedingungen
- Oxidationskatalysatoren: Aufbau, Funktionsweise & Auslegung
- Partikelreduktion – Abgasnachbehandlung mit Partikelfiltern: Aufbau, Funktion & Auslegung von Partikelfiltern; Rußentfernung; Alterung durch Ascheablagerungen; Ascheentfernung
- Stickoxidreduktion – Abgasnachbehandlung mittels selektiver katalytischer Reduktion: Grundlegende Reaktionen; mögliche Reduktionsmittel; AdBlue® – Spezifikation & Aufbereitung; Charakterisierung angewandter Katalysatoren
- Kombinierte Abgasnachbehandlungssysteme – Aufbau & Funktionsweise
- Sicherheits- und fahrzeugtechnische Aspekte der Abgasnachbehandlungsintegration ins Fahrzeug

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

Vertiefungsfach: Umweltschutzverfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehr- und Lernformen**

- 22992 – Grundlagen motorischer Abgasnachbehandlung; 2 V

## 4.6 Fach 6500 Thermische Verfahrenstechnik

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Thermische Trennverfahren II</b>	Kind	WS	2 + 1	6
2	<b>Wärmeübertragung II</b>	Wetzel, Dietrich	WS	2 + 1	6
3	<b>Stoffübertragung II</b>	Schabel	WS	1 + 2	6
4	<b>Trocknungstechnik – dünne Schichten und poröse Stoffe</b>	Schabel	SS	2 + 1	6
5	<b>Industrielle Kristallisation</b>	Kind	SS	2 + 1	6
6	<b>Wärmeübertrager</b>	Wetzel	WS	2 + 0	4
7	<b>Statistische Thermodynamik</b>	Enders	SS	2 + 1	6
8	<b>Thermodynamik der Phasengleichgewichte</b>	Türk	WS	2 + 1	6
9	<b>Theorie turbulenter Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung</b>	Zarzalıs	SS	2 + 0	4
10	<b>Hochtemperatur-Verfahrenstechnik</b>	Stapf	SS	2 + 1	6
11	<b>Angewandte Molekulare Thermodynamik</b>	Türk	SS	2 + 1	6
12	<b>Messtechnik in der Thermofluidynamik</b>	Trimis	WS	2 + 1	6
13	<b>Solare Prozesstechnik</b>	Neises-von Puttkamer	SS	2 + 1	6
14	<b>Kältetechnik B – Grundlagen der industriellen Gasgewinnung</b>	Grohmann	SS	2+1	6

### Kombinationen:

- Mindestens 2 Module aus 1 – 6
- Modul 13 nur in Kombination mit 1, 2, 5 oder 6

### Prüfungsmodus:

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

#### 4.6.1 Modul 6112 Trocknungstechnik - dünne Schichten und poröse Stoffe

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. h. c. Wilhelm Schabel

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Thermische Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage Anforderungen an ein geeignetes Trocknungsverfahren zu identifizieren. Sie haben einen Überblick über den Stand der Wissenschaft und Technik und sind in der Lage ein solches Verfahren auszulegen, zu bewerten und auszuwählen. Das Qualifikationsziel ist es eine methodische Vorgehensweise zu erlernen, um die grundlegenden Erkenntnisse auf neue Prozesse und Apparate zu übertragen.

##### **Inhalt**

Einführung und industrielle Anwendungen zur Trocknungstechnik; Trocknungsverfahren und Modellbildung; Modellierung der Wärme- Stoffübertragung bei der Trocknung; Bestimmung von Materialeigenschaften, Feuchteleitung, Sorption, Diffusion; Trocknungsverlaufskurve, Trocknungsabschnitte; Anwendung der Grundlagen auf die Trocknung dünner Schichten und poröser Stoffe; Prinzipien der Sprüh-, Wirbelschicht-, Mikrowellen-, Infrarot- und Gefriertrocknung.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 - 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22811 – Trocknungstechnik - poröse Stoffe und dünne Schichten, Vorlesung, 2 SWS
- Übung und Beispiele zu 22811, 1 SWS



## 4.6.2 Modul 6501 Wärmeübertragung II

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Wetzel

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Thermische Verfahrenstechnik“.

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Differentialgleichungen der Thermofluidodynamik herleiten und kennen mögliche Vereinfachungen bis hin zur instationären Wärmeleitung in ruhenden Medien. Die Studierende kennen verschiedene analytische und numerische Lösungsmethoden für die instationäre Temperaturfeldgleichung in ruhenden Medien. Die dabei eingesetzten Lösungsmethoden können die Studierenden selbständig auf stationäre Wärmeleitungsprobleme wie die Wärmeübertragung in Rippen und Nadeln anwenden.

### **Inhalt**

Fortgeschrittene Themen der Wärmeübertragung: Thermofluiddynamische Transportgleichungen, Instationäre Wärmeleitung; thermische Randbedingungen; Analytische Methoden (Kombinations- und Separationsansatz, Laplace-Transformation); Numerische Methoden (Finite Differenzen- und Volumenverfahren); Wärmeübertragung in Rippen und Nadeln.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Von Böckh/Wetzel: „Wärmeübertragung“, Springer, 6. Auflage 2015
- VDI-Wärmeatlas, Springer-VDI, 10. Auflage, 2011

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 40 h
- Selbststudium: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

(Summe: 180 h)

Vertiefungsfach: Thermische Verfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 25 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO Master 2016.

### **Notenbildung**

Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22809 – Wärmeübertragung II, Vorlesung 2 SWS

### 4.6.3 Modul 6502 Thermische Trennverfahren II

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Thermische Verfahrenstechnik
- Technische Thermodynamik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Erarbeitung eines tiefen Prozessverständnisses am Beispiel der Rektifikation von Mehrkomponenten-Gemischen. Fähigkeit zur Übertragung dieses Verständnisses in ein numerisches Modell und zur Lösung dieses Modells. Verständnis der fluiddynamischen Vorgänge in Kolonnen.

#### **Inhalt**

Grundlagen der Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Prozesse am Beispiel der Rektifikation eines mehrkomponentigen Gemischs: Phasengleichgewicht, Fugazitätskoeffizient, Aktivitätskoeffizienten-Modelle; Flash-Rechnung; Gleichungssystem für die Simulation der kontinuierlichen Rektifikation von Mehrkomponenten-Gemischen; Lösung des Gleichungssystems für ein 3-komponentiges System nach der Methode von Thiele und Gaddes; Kennenlernen weiterer Lösungsmethoden; Grundlagen der fluiddynamischen Auslegung einer von Boden- und Füllkörperkolonnen.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- Gmehling, J.; Kolbe, B.; Kleiber, M.; Rarey, J. R. Chemical thermodynamics; Wiley-VCH, 2012
- Schlünder, E.-U.; Thurner, F. Destillation, Absorption, Extraktion; Lehrbuch Chemie + Technik; Vieweg, 1995
- Stephan, P.; Mayinger, F.; Schaber, K.; Stephan, K. Thermodynamik. Band 2, 15th ed.; Springer, 2010
- VDI-GVC, Ed. VDI-Wärmeatlas, 11., bearb. und erw. Aufl.; VDI-Buch; Springer Vieweg: Berlin, 2013

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 70 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO Master 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22812 – Thermische Trennverfahren II, Vorlesung 2 SWS
- 22813 – Übungen zu 22812, 1 SWS

#### 4.6.4 Modul 6503 Stoffübertragung II

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Wilhelm Schabel

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach Thermische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage zu fortgeschrittenen, grundlegenden Stoffübertragungsprozessen Berechnungen sowohl analytisch als auch numerisch durchzuführen und eine Analyse der eigenen Versuchsergebnisse mit den Berechnungen und der Literatur im Team zu bewerten. Das Qualifikationsziel ist es diese grundlegenden Erkenntnisse auf andere Bereiche der Stoffübertragung und Prozesstechnik eigenständig zu übertragen.

##### **Inhalt**

Fortgeschrittene Themen der Stoffübertragung;

Grundlegende Versuche mit Ausarbeitung in Teamarbeit, Bewertung und Diskussion zu: Membrandiffusion; Gemischverdunstung; Diffusionsdestillation; Gemischkondensation; Physikalische Absorption; Chemische Absorption; Diffusion und Absorption in Polymeren; Ausgewählte Themen und Literaturbesprechung; Diskussion und Vorstellung von Ergebnissen/Gruppenarbeit.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20-30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO Master 2016.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22817 –Stoffübertragung II, Vorlesung, 2 SWS
- 22818 – Übung und Praktikum zu 22817 Stoffübertragung II, 1 SWS

#### 4.6.5 Modul 6504 Industrielle Kristallisation

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Produktgestaltung
- Thermische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Erarbeitung von tiefem Prozessverständnis am Beispiel der Industriellen Kristallisation. Übertragung dieses Verständnisses in ein numerisches Modell.

##### **Inhalt**

Verfahren und Apparate zur Kristallisation aus Lösungen; Gleichgewicht, Wachstums- und Keimbildungskinetik; Modellierung und Simulation der Kristallgrößenverteilung kontinuierlich und absatzweise betriebener Kristallisatoren; Lösung der gekoppelten Stoff- und Populationsbilanz; Apparateauslegung, Bestimmung der Hauptabmessungen von Zwangsumlauf-Kristallisatoren.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Gnielinski, V.; Mersmann, A.; Thurner, F. Verdampfung, Kristallisation, Trocknung; Vieweg, 1993
- Mersmann, A.; Kind, M.; Stichlmair, J. Thermische Verfahrenstechnik, 2nd ed.; Springer, 2005
- Mullin, J. W. Crystallization, 3rd ed.; Butterworth-Heinemann, 1993
- Randolph, A. D.; Larson, M. A. Theory of particulate processes; Academic Press, 1971

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 40 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 70 h

Vertiefungsfach: Thermische Verfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 - 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22814 – Industrielle Kristallisation, Vorlesung 2 SWS
- 22815 – Übung zu 22814, 1 SWS (als Hausaufgabe im Selbststudium)

#### 4.6.6 Modul 6505 Wärmeübertrager

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Wetzel

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Thermische Verfahrenstechnik“

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen wesentliche Berechnungsmethoden für die Auslegung und Nachrechnung von Wärmeübertragern und können diese selbständig auf ingenieurtechnische Problemstellungen anwenden. Die Studierenden können selbständig Entwurfsmethodiken für Wärmeübertrager einsetzen und die dafür benötigten Berechnungen von Wärmedurchgangskoeffizienten durchführen.

##### **Inhalt**

Wärmeübertragertypen, log. Temperaturdifferenz, e-NTU-Methode, Zellenmethodik, Entwurf von Wärmeübertragern, Wärmeübergang, Wärmeübergang in Ringspalten und bei Rohrbündeln, Kompaktwärmeübertrager, Mikrokanal-Wärmeübertrager.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

Wird in der Veranstaltung vorgestellt.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22807 – Wärmeübertrager, Vorlesung 2 SWS



#### 4.6.7 Modul 6506 Statistische Thermodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Sabine Enders

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Technische Thermodynamik“

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Thermodynamik III

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien der statistischen Mechanik und erkennen Vor- und Nachteile bei der Anwendung in der Verfahrenstechnik.

**Inhalt**

Boltzmann-Methode, Gibbs-Methode, Reale Gase, Zustandsgleichungen, Polymere.

- **Literatur/Lernmaterialien**
- J. Blahous, Statistische Thermodynamik, Hirzel Verlag Stuttgart, 2007.
- H.T. Davis, Statistical Mechanics of Phases, Interfaces, and Thin Films, Wiley-VCH, New York, 1996.
- G.G. Gray, K.E. Gubbins, Theory of Molecular Fluids Fundamentals. Clarendon, Press Oxford, 1984.
- J.P. Hansen, I.R. McDonald, Theory of Simple Liquids with Application to Soft Matter. Fourth Edition, Elsevier, Amsterdam, 2006.
- G.H. Findenegg, T. Hellweg, Statistische Thermodynamik, 2. Auflage, Springer Verlag, 2015.
- J.O. Hirschfelder, C.F. Curtis, R.B. Bird, Molecular Theory of Gases and Liquids. John-Wiley & Sons, New York, 1954.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22010 - Vorlesung
- 22011 - Übung

#### 4.6.8 Modul 6507 Thermodynamik der Phasengleichgewichte

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Thermodynamik
- Thermische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Allgemeine Grundlagen, chemischen Potential, partielle molare Größen, Mischungs- und Exzessgrößen, Zustandsgleichungen, reine Gase und Gasgemische, Berechnung von Fugazitäten und -koeffizienten, reine Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemische, Berechnung von Fugazitäten und Aktivitäten; Raoult'sches Gesetz, Henry'sches Gesetz, Berechnung binärer und ternärer Phasengleichgewichte, Phasengleichgewichte von Polymerlösungen

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22016 – Thermodynamik der Phasengleichgewichte

#### 4.6.9 Modul 6508 Theorie turbulenter Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Nikolaos Zarzalis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern:

- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studenten lernen und verstehen die Ähnlichkeit zwischen Impuls-, Energie- und Stofftransport.

Die Studenten sind in der Lage aus der Anwendung der Analogie zwischen dem turbulenten und laminaren Transport die „turbulente“ Diffusion zu erklären und zu quantifizieren.

Die Studenten können gemessene Feldverteilungen von Turbulenzgrößen beurteilen.

Die Studenten können unterschiedliche Flammenstrukturen auf Grund der Wechselwirkung zwischen Turbulenz und Wärmefreisetzung analysieren und erklären.

##### **Inhalt**

Charakterisierung der Turbulenz; Herleitung der Bilanzgleichungen für Masse, Impuls und Energie; Turbulenter Impuls-, Wärme- und Stofftransport; Herleitung der Bilanzgleichungen für die kinetische Energie der mittleren Strömung und der turbulenten Schwankungsbewegung; Herleitung der Bilanzgleichungen für die Enstrophie der mittleren Strömung und der turbulenten Schwankungsbewegung; Erläuterung der Energiekaskade; Wechselwirkung zwischen Turbulenz und Wärmefreisetzung bei turbulenten Vormischflammen.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Tennekes and Lumley, A first course in turbulence;
- N. Peters, Turbulent combustion
- T. Poinso, D. Veynante, Theoretical and numerical combustion

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 15
- Prüfungsvorbereitung: 75

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von max. 30min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22514 – Theorie turbulenter Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung, Vorlesung, 2 SWS

#### 4.6.10 Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger-Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden identifizieren Anforderungen an Hochtemperaturprozesse aus der Problemstellung. Durch geeignete Bilanzierung unter Berücksichtigung relevanter kinetischer Vorgänge ermitteln sie daraus die erforderlichen Prozessparameter. Sie sind fähig, hierfür geeignete Reaktoren und Prozesskomponenten auszuwählen. Somit können die Studierenden unterschiedliche Verfahren der Prozessindustrie kritisch beurteilen und Lösungen für neue Problemstellungen der HTVT systematisch entwickeln.

#### **Inhalt**

Hochtemperaturprozesse im Beispiel; Verbrennungstechnische Grundlagen; Wärmeübertragung durch Strahlung; Wärmeaustauschrechnung für Hochtemperaturanlagen; Metallische und keramische Hochtemperaturwerkstoffe; Beispiele zur Konstruktion von Hochtemperaturanlagen.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Auf aktuelle Literatur wird im Fortlauf der Vorlesung hingewiesen

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22505 – Hochtemperaturverfahrenstechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22506 – Übung zu 22505, Übung, 1 SWS

### **Allgemeine Hinweise**

Dieses Modul behandelt die Hochtemperaturverfahrenstechnik als Querschnittsthema verschiedener verfahrenstechnischer Fachgebiete. Im Rahmen der Übungen findet die Anwendung der erlernten Grundlagen in der Prozessbeurteilung anhand konkreter Beispiele der HTVT statt.

#### 4.6.11 Modul 6511 Angewandte Molekulare Thermodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Thermodynamik
- Thermische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Allgemeine Grundlagen, Zwischenmolekulare Wechselwirkung, Virialkoeffizienten, Potentialfunktionen, Zustandsgleichung für reale Gase; Stoßprozess, Ablenkwinkel und Stoßintegrale, Transportkoeffizienten für ein- und mehratomige Gase, Transportkoeffizienten in binären Gasgemischen, Druckabhängigkeit der Transportkoeffizienten; Berechnung thermodynamischer Zustandsgrößen mittels der statistischen Thermodynamik.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22019 – Angewandte molekulare Thermodynamik



#### 4.6.12 Modul 6512 Messtechnik in der Thermofluidodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Es werden die gängigen experimentellen Methoden der Strömungs-, Konzentrations- und Temperaturmesstechnik in Theorie und Praxis vermittelt. Zunächst werden die Grundlagen der Messung der Geschwindigkeit, Druck, Dichte, Temperatur, Wärmestrom und Konzentration erläutert. Anschließend werden die Methoden zur Messung dieser Größen vorgestellt, hinsichtlich Genauigkeit und Auflösung diskutiert und in ihrer technischen Ausführung dargelegt. Insbesondere wird der Schwerpunkt auf moderne laser-optische Messverfahren einschließlich digitaler Bildverarbeitung gelegt (LDA, PDA, PIV, LIF, ...). Abschließend werden die Methoden zur Weiterverarbeitung und Analyse der Messdaten insbesondere in turbulenten Strömungen erläutert. Die Studierenden können in den kombinierten Praktikums-Übungsstunden unmittelbar die Methoden erproben.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22509 – Messtechnik in der Thermofluidodynamik, Vorlesung 2 SWS
- 22510 – Übung zu 22509 Messtechnik in der Thermofluidodynamik, 1 SWS

#### 4.6.13 Modul 6513 Solare Prozesstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr. Martina Neises-von Puttkamer

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Thermische Verfahrenstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

In der Vorlesung Solare Prozesstechnik wird die Nutzung und Einbindung der konzentrierenden Solartechnik in verschiedene Hochtemperaturverfahren beschrieben. Es werden nach der Einführung der Grundlagen der Solarstrahlung die Techniken erläutert, mit denen die direkte Sonnenstrahlung konzentriert werden kann. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt auf der Einkopplung dieser solaren Hochtemperaturwärme in Hochtemperaturprozesse, die somit rein oder zum Teil solar betrieben werden können. Hier werden die stromerzeugenden Prozesse, rein thermische Hochtemperaturprozesse und chemische Prozesse betrachtet. Aus der Vielzahl der existierenden Prozesse werden beispielhaft einige herausgegriffen und die Herausforderungen der solaren Einkopplung, sowie die technische Umsetzung gezeigt. Hierbei werden notwendige Entwicklungsschritte in unterschiedlichen Bereichen, wie der Materialwissenschaft, der Prozessführung und der Reaktortechnik erläutert und die Entwicklung vom Labor bis zum Pilotmaßstab verdeutlicht. Querschnittsthemen, die in allen Prozessen eine bedeutende Rolle spielen sind die Einbettung von Speichern und die Hybridisierung von Prozessen. Verschiedene thermische und chemische Speichersysteme werden erläutert und ihre Einbeziehung in und Anpassung an die gezeigten Prozesse wird beispielhaft erklärt. Der hybride Betrieb wird im Rahmen der Prozessführung anhand der gezeigten Prozesse genauer erläutert.

## 4.7 Fach 6600 Produktgestaltung

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Produktgestaltung: Grundlagen und ausgewählte Beispiele</b> - <i>Produktgestaltung II</i> - <i>Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis</i>	Kind, Karbstein	WS/SS	4 + 0	8
2	<b>Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis</b>	Karbstein	SS	2 + 0	4
3	<b>Ausgewählte Formulierungstechnologien (mdl.)</b> - <i>Hilfs- und Effektstoffe</i> - <i>Emulgieren und Dispergieren</i> - <i>Trocknen von Dispersionen</i> - <i>Extrusion</i>	Schmidt Karbstein  Emin	WS	4 + 0	8
4	<b>Lebensmittelverfahrenstechnik</b>	Karbstein	WS/SS	5 + 0	10
5	<b>Lebensmittelkunde und -funktionalität</b>	Watzl	WS	2 + 0	4
6	<b>Industrielle Kristallisation</b>	Kind	SS	2 + 1	6
7	<b>Einführung in die Agglomerationstechnik</b>	Anlauf	SS	2 + 0	4
8	<b>Sol-Gel-Prozesse</b> - <i>Sol-Gel-Prozesse</i> - <i>Praktikum Sol-Gel-Prozesse</i>	Müller	SS	2 + 0 0 + 1	4 2
9	<b>Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie</b>	Oberacker	WS	2 + 0	4
10	<b>Produktentstehung – Entwicklungsmethodik</b>	Albers	SS	3 + 0	6
11	<b>Nanopartikel – Struktur und Funktion</b>	Meyer	SS	2 + 1	6
12	<b>Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion</b>	Karbstein Emin	WS	2 + 0	4
13	<b>Rheologie und Rheometrie</b>	Hochstein	SS	2 + 0	4
14	<b>Rheologie von Polymeren</b>	Willenbacher	SS	2 + 0	4
15	<b>Stabilität disperser Systeme</b>	Willenbacher	WS	2 + 0	4

### Kombinationen:

- Modul 1 oder Modul 2 muss belegt werden
- Modul 2 wird nur denjenigen Studierende empfohlen, die die Vorlesung „Grundlagen der Produktgestaltung (Vorl. Nr. 22816) im Bachelor bereits belegt haben, Modul 2 nicht wählbar bei Wahl von Modul 1
- Modul 3 darf nur gewählt werden, wenn es nicht bereits als Wahlpflichtmodul gewählt wurde. Wird dieses Modul im Vertiefungsfach „Produktgestaltung“ gewählt, ist die Erfolgskontrolle eine mündliche Prüfung
- Modul 12 nicht wählbar, wenn das Wahlpflichtmodul „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ oder Modul 3 gewählt wurde

### Prüfungsmodus:

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

## 4.7.1 Modul 5112 Ausgewählte Formulierungstechnologien

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Fach "Erweiterte Grundlagen"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden verstehen die Anforderungen an Formulierungen aus dem Bereich Life Sciences. Sie können geeignete Matrix- und Hilfsstoffe auswählen. Sie kennen die Grundlagen zur Herstellung von flüssigen und festen Formulierungen und können ausgewählte Verfahren (s. Inhalte) auslegen. Sie kennen geeignete konventionelle und innovative Apparate. Sie identifizieren Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und qualitätsbestimmenden Eigenschaften von Formulierungen. Sie können Prozesswissen zwischen einzelnen Produktgruppen übertragen. Die Studierenden sind in der Lage, relevante Produkteigenschaften zu benennen und kennen Methoden, diese mit wissenschaftlichen Methoden zu charakterisieren. Sie können den Zusammenhang zwischen physikalischen Eigenschaften einer Formulierung und Qualitätsparametern erläutern. Darauf aufbauend können sie geeignete Messmethoden für die Beurteilung relevanter Eigenschaften auswählen und kennen Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung.

**Inhalt**

Hilfs- und Effektstoffe: (LV FT1: U. van der Schaaf/LVT)

Stoffklassen: Molekularer Aufbau und Eigenschaften; Aufgaben und Funktionen: z.B. Grenzflächenaktivität und Modulation der Fließeigenschaften; Messverfahren und neue Entwicklungen

Emulgieren und Dispergieren: (LV FT2: H.P. Karbstein/LVT)

Besonderheiten flüssiger Formulierungen; Ziele der Verfahren; Grundlagen der Zerkleinerung und Stabilisierung von Tropfen und Partikeln in flüssiger Umgebung; Apparate-technische Umsetzung: Anlagenaufbau und Prozessauslegung; Prozess- und Eigenschaftsfunktionen; Beurteilung der Produktqualität: Grundlagen und Messverfahren; neue Entwicklungen.

Trocknen von Dispersionen: (LV FT3: H.P. Karbstein/LVT)

Ziele der Trocknung, Grundlagen der Haltbarkeit; Verfahren am Beispiel Sprühtrocknung, Walzentrocknung, Gefriertrocknung: Verfahrensprinzip, Anlagenaufbau und -auslegung, Prozessfunktionen. Beurteilung der Qualität von Pulvern, Instanteigenschaften: Grundlagen und Messverfahren. Agglomeration zur Verbesserung der Instanteigenschaften.

Vertiefungsfach: Produktgestaltung

Extrusionstechnik: (LV FT4: M. A. Emin/LVT)

Grundlagen der Extrusionstechnik und der Gestaltung von extrudierten Produkten: Apparateaufbau, Verfahrensauslegung, Charakterisierung des Prozesses und der Produkte (Grundlagen der Mess- und Modellierungstechnik).

Die Vorlesung ist Voraussetzung für ein Praktikum, das im Rahmen des NF oder VF LVT gewählt werden kann.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Vorlesungsskript (KIT Studierendenportal);
- Köhler, K., Schuchmann, H. P.: Emulgiertechnik, 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg, 978-3-89947-869-3, 2012.
- Bouvier, J., Campanella, O.H.: Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials, Wiley-Blackwell, 2014
- McClements, D. J.: Food Emulsions, 3. Auflage, CRC Press, 978-1-49872-668-9, 2015
- Mezger, T.G.: Das Rheologie Handbuch, 4. Auflage, Vincentz Network, 978-3866308633, 2012

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 80 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22209 - Hilfs- und Effektstoffe, V 1 SWS
- 22229 - Emulgieren und Dispergieren, V 1 SWS
- 22226 - Trocknen von Dispersionen, V 1 SWS
- 22246 - Extrusionstechnik, V 1 SWS

### **Dozenten**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein, Dr.-Ing. Ulrike van der Schaaf, Dr.- Ing. Azad Emin

### **Grundlage für**

Vertiefungsfach Lebensmittelverfahrenstechnik

### **Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann unter der Modulnummer 5111 alternativ im Fach „Erweiterte Grundlagen“ gewählt werden (mit abweichender Erfolgskontrolle und abweichenden LP)

#### 4.7.2 Modul 6106 Beispiele mechanischer Formulierungsverfahren: Emulgieren, Dispergieren, Extrusion

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung
- Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Das Modul kann nicht in Kombination mit dem Wahlpflichtmodul „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ gewählt werden.

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die Grundlagen zur Herstellung von flüssigen und festen Formulierungen und können ausgewählte Verfahren auslegen. Sie kennen geeignete konventionelle und innovative Apparate. Sie identifizieren Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und qualitätsbestimmenden Eigenschaften von Formulierungen. Sie können Prozesswissen zwischen einzelnen Produktgruppen übertragen.

##### **Inhalt**

###### Emulgieren und Dispergieren: (LV FT2: H.P. Karbstein/LVT)

Besonderheiten flüssiger Formulierungen; Ziele der Verfahren; Grundlagen der Zerkleinerung und Stabilisierung von Tropfen und Partikeln in flüssiger Umgebung; Apparate technische Umsetzung: Anlagenaufbau und Prozessauslegung; Prozess- und Eigenschaftsfunktionen; Beurteilung der Produktqualität: Grundlagen und Messverfahren; neue Entwicklungen.

###### Extrusionstechnik: (LV FT4: M.A. Emin/LVT)

Grundlagen der Extrusionstechnik und der Gestaltung von extrudierten Produkten: Apparateaufbau, Verfahrensauslegung, Charakterisierung des Prozesses und der Produkte (Grundlagen der Mess- und Modellierungstechnik).

Vorlesung ist Voraussetzung für ein Praktikum, das im Rahmen des NF oder VF LVT gewählt werden kann.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Köhler, K., Schuchmann, H. P.: Emulgiertechnik, 3. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg, 978-3-89947-869-3, 2012.
- Bouvier, J., Campanella, O.H.: Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials, Wiley-Blackwell, 2014

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 40 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 15 - 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22229 - Emulgieren und Dispergieren
- 22246 - Extrusionstechnik

### **Dozenten**

Prof. Dr.-Ing. H. P. Karbstein, Dr.-Ing. A. Emin

### 4.7.3 Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Produktgestaltung

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalische Prinzipien der Agglomeration von Partikeln erläutern und nicht nur den dazu geeigneten Verfahren zuordnen, sondern auch ausgewählten Apparaten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern herzustellen und auf verschiedene Agglomerationsverfahren anzuwenden. Sie können Agglomerationsaufgaben mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben. Auf der Basis des Gelernten können die Studierenden beurteilen, ob und gegebenenfalls in welcher Form ein erfolversprechender Agglomerationsprozess gestaltet werden kann.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Anlauf: Skriptum „Einführung in die Agglomerationstechnik“

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h (Vorlesung 2 SWS)
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO 2016

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22935 - Einführung in die Agglomerationstechnik



#### 4.7.4 Modul 6109 Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Rainer Oberacker

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Voraussetzungen: keine

Empfehlung: Es werden Kenntnisse der allgemeinen Werkstoffkunde vorausgesetzt

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden haben grundlegende Kenntnisse zur Charakterisierung von Pulvern, Pasten und Suspensionen. Sie kennen die verfahrenstechnischen Grundlagen, die für die Verarbeitung von Partikelsystemen zu Formkörpern relevant sind. Sie können diese Grundlagen zur Auslegung von ausgewählten Verfahren der Nass- und Trockenformgebung anwenden.

##### **Inhalt**

Die Vorlesung vermittelt verfahrenstechnisches Grundlagenwissen zur Herstellung von Formkörpern aus Keramik- und Metall-Partikelsystemen. Sie gibt einen Überblick über die wichtigsten Formgebungsverfahren und ausgewählte Werkstoffgruppen. Schwerpunkt bilden die Themenbereiche Charakterisierung und Eigenschaften von partikulären Systemen und insbesondere die Grundlagen der Formgebungsverfahren für Pulver, Pasten und Suspensionen.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Folien zur Vorlesung: verfügbar unter <http://ilias.studium.kit.edu>
- R.J. Brook: Processing of Ceramics I+II, VCH Weinheim, 1996
- M.N. Rahaman: Ceramic Processing and Sintering, 2nd Ed., Marcel Dekker, 2003
- W. Schatt ; K.-P. Wieters ; B. Kieback. „Pulvermetallurgie: Technologien und Werkstoffe“, Springer, 2007
- R.M. German. “Powder metallurgy and particulate materials processing. Metal Powder Industries Federation, 2005
- F. Thümmel, R. Oberacker. “Introduction to Powder Metallurgy”, Institute of Materials, 1993

Vertiefungsfach: Produktgestaltung

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 – 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 2193010 - Grundlagen der Herstellungsverfahren der Keramik und Pulvermetallurgie

#### 4.7.5 Modul 6504 Industrielle Kristallisation

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Produktgestaltung
- Thermische Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Erarbeitung von tiefem Prozessverständnis am Beispiel der Industriellen Kristallisation. Übertragung dieses Verständnisses in ein numerisches Modell.

#### **Inhalt**

Verfahren und Apparate zur Kristallisation aus Lösungen; Gleichgewicht, Wachstums- und Keimbildungskinetik; Modellierung und Simulation der Kristallgrößenverteilung kontinuierlich und absatzweise betriebener Kristallisatoren; Lösung der gekoppelten Stoff- und Populationsbilanz; Apparateauslegung, Bestimmung der Hauptabmessungen von Zwangsumlauf-Kristallisatoren.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- Gnielinski, V.; Mersmann, A.; Thurner, F. Verdampfung, Kristallisation, Trocknung; Vieweg, 1993
- Mersmann, A.; Kind, M.; Stichlmair, J. Thermische Verfahrenstechnik, 2nd ed.; Springer, 2005
- Mullin, J. W. Crystallization, 3rd ed.; Butterworth-Heinemann, 1993
- Randolph, A. D.; Larson, M. A. Theory of particulate processes; Academic Press, 1971

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 40 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 70 h

Vertiefungsfach: Produktgestaltung

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 - 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22814 – Industrielle Kristallisation, Vorlesung 2 SWS
- 22815 – Übung zu 22814, 1 SWS (als Hausaufgabe im Selbststudium)

#### 4.7.6 Modul 6601 Produktgestaltung: Grundlagen und ausgewählte Beispiele

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 2 Semester

**Modulturnus:** Jährlich

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind, Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Produktgestaltung"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studenten haben bezüglich Produktgestaltung ein vielfältig erprobtes Verständnis für ihre Rolle und mögliche fachliche Aufgaben im industriellen Umfeld. Die Studierenden können die wesentlichen Prinzipien der Produktgestaltung darlegen und anhand unterschiedlicher Beispiele aus der Praxis anwenden. Die Studierenden können für ausgewählte Produkte beurteilen, welche physikalischen Eigenschaften für die Gestaltung von Produkteigenschaften relevant sind. Auf dieser Grundlage können sie geeignete Herstellungsverfahren und –anlagen auswählen und wissen, welche Prozessparameter wie zu variieren sind, um das Verfahren an die Qualitätsanforderungen der Produkte anpassen. Bei den Auswahlkriterien können sie ausgewählte wirtschaftliche Aspekte mit einbeziehen.

#### **Inhalt**

##### Inhalte Produktgestaltung II

Stetige Produktinnovationen sind eine Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit von Firmen. In dieser Lehrveranstaltung wird das Prinzip der „Konzeptuellen Produktgestaltung“ anhand vielfältiger praxisnaher Beispiele erläutert, in Übungen und mittels eines instruktiven Films selbst erarbeitet und schließlich auf den Gebieten „Kristallisation“ und „Kolloidale Systeme“ fachlich vertieft.

Unter „Konzeptueller Produktgestaltung“ ist folgende systematische 2-stufige Vorgehensweise zu verstehen: Analyse und Nutzung des Zusammenhangs zwischen den Prozessparametern und den physico-chemischen Eigenschaften des Produktes (Prozessfunktion) und des Zusammenhangs zwischen diesen physico-chemischen Eigenschaften und der anwendungstechnischen Qualitätsmerkmale des Produktes (Eigenschaftsfunktion).

##### Inhalte Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis

Anhand von ausgewählten Konsumprodukten geben verschiedene **Dozenten** Beispiele, wie im industriellen Alltag Produkte gestaltet werden und was dabei zu beachten ist. Auch Aspekte außerhalb der reinen Verfahrenstechnik, wie beispielsweise zugrunde liegende Kostenkalkulationen oder Marketingüberlegungen werden diskutiert. Die **Dozenten** kommen entweder direkt aus der Industrie oder berichten von einer Produktentwicklung, die sie in Ihrer Berufszeit in der Industrie selber begleitet haben. Zu Beginn der Reihe wird in einer Einführungsvorlesung das allen Teilbeiträgen zugrunde liegende Ziel und spätere Prüfungsinhalte erläutert.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

## Vertiefungsfach: Produktgestaltung

- Product Design and Engineering – Best Practices (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2007; Vol. 1: Basics and Technologies; Vol. 2: Rawmaterials, Additives and Applications
- Product Design and Engineering – Formulation of Gels and Pastes (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2013
- Weitere Vorlesungsbegleitende Unterlagen werden durch jeweilige **Dozenten** bereitgestellt

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 120 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22833 – Produktgestaltung II, Vorlesung 2 SWS (WS)
- 22215 - Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis, Vorlesung 2 SWS (SS)

### **Dozenten**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind, Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

#### 4.7.7 Modul 6602 Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Produktgestaltung
- Lebensmittelverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die wesentlichen Prinzipien der Produktgestaltung darlegen und anhand unterschiedlicher Beispiele aus der Praxis anwenden. Die Studierenden können für ausgewählte Produkte beurteilen, welche physikalischen und chemischen Eigenschaften oder Strukturen für die Gestaltung von Produkteigenschaften relevant sind. Auf dieser Grundlage können sie geeignete Herstellungsverfahren und –anlagen auswählen und wissen, welche Prozessparameter wie zu variieren sind, um das Verfahren an die Qualitätsanforderungen der Produkte anpassen. Bei den Auswahlkriterien können sie ausgewählte wirtschaftliche Aspekte mit einbeziehen.

##### **Inhalt**

Anhand von ausgewählten Konsumprodukten geben verschiedene **Dozenten** Beispiele, wie im industriellen Alltag Produkte gestaltet werden und was dabei zu beachten ist. Auch Aspekte außerhalb der reinen Verfahrenstechnik, wie beispielsweise zugrunde liegende Kostenkalkulationen oder Marketingüberlegungen werden diskutiert. Die **Dozenten** kommen entweder direkt aus der Industrie oder berichten von einer Produktentwicklung, die sie in Ihrer Berufszeit in der Industrie selber begleitet haben. Zu Beginn der Reihe wird in einer Einführungsvorlesung das allen Teilbeiträgen zugrunde liegende Ziel und spätere Prüfungsinhalte erläutert.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

Vorlesungsbegleitende Unterlagen werden durch jeweilige **Dozenten** bereitgestellt

- Product Design and Engineering – Best Practices (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2007; Vol. 1: Basics and Technologies; Vol. 2: Rawmaterials, Additives and Applications
- Product Design and Engineering – Formulation of Gels and Pastes (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2013

Vertiefungsfach: Produktgestaltung

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 15 - 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22215 - Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis; Vorlesung 2 SWS



#### 4.7.8 Modul 6603 Lebensmittelverfahrenstechnik

**Leistungspunkte:** 10.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 5,0 Std.

**Moduldauer:** 2 Semester      **Modulturnus:** Jährlich, WS/SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. - Ing. Heike P. Karbstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

- Pflicht im Vertiefungsfach "Lebensmittelverfahrenstechnik"
- Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Produktgestaltung"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Inhalte des Moduls „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ werden vorausgesetzt

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können konventionelle Verfahrensketten zur Herstellung unterschiedlicher, auch komplex aufgebauter, Lebensmittel erläutern. Sie kennen die relevanten Grundoperationen und deren konventionellen Umsetzungskonzepte sowie innovative Ansätze. Diese Prozessschritte können die Studierenden prinzipiell auslegen. Sie identifizieren Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und qualitätsbestimmenden Eigenschaften von Lebensmitteln. Auch sind sie in der Lage, Prozesswissen zwischen einzelnen Produktgruppen zu übertragen. Sie kennen wesentliche Aspekte, die zur energetischen Beurteilung der einzelnen Prozessschritte und –ketten herangezogen werden müssen. Die Studierenden können Prinzipien der Produktgestaltung anwenden. Das beinhaltet das Identifizieren der Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und der Struktur eines Lebensmittels (Prozessfunktion) sowie zwischen der Struktur und den Eigenschaften (Eigenschaftsfunktion). Darauf aufbauend sind sie in der Lage, Problemstellungen aus dem Bereich der Lebensmittelverfahrenstechnik mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren und zu lösen. Die Studierenden können damit ein Verfahren im Hinblick auf die Eignung für Verarbeitungsschritte im Lebensmittelbereich beurteilen und dabei Aspekte wie Nachhaltigkeit, Energieeffizienz, Lebensmittelsicherheit oder zu erwartende Produktqualität in die Betrachtungen mit einbeziehen.

##### **Inhalt**

Prozessketten zur Herstellung der wichtigsten Lebensmittel wie Milch und Milchprodukte, Fleisch und Fleischprodukte, Nahrungsöle, Margarine und Streichfette, Getreideerzeugnisse, Obst & Gemüse und Folgeprodukte, Zucker, Schokolade, Kaffee, Bier, Wein, Branntwein: Grundlagen der Verfahren, energetische Aspekte und rohstoffbezogene Spezifika, innovative Verfahrensansätze; wichtige Parameter zur Qualitätseinstellung.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- H.P. Schuchmann und H. Schuchmann: Lebensmittelverfahrenstechnik: Rohstoffe, Prozesse, Produkte; Wiley VCH, 2005; ISBN: 978-3-527-66054-4 (auch als ebook)
- H.G. Kessler: Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik – Molkereitechnologie, Verlag A. Kessler, 1996, ISBN 3-9802378-4-2
- H.G. Kessler: Food and Bio Process Engineering - Dairy Technology, Publishing House A. Kessler, 2002, ISBN 3-9802378-5-0
- M. Loncin: Die Grundlagen der Verfahrenstechnik in der Lebensmittelindustrie; Aarau Verlag, 1969, ISBN 978-3794107209

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 75 h
- Selbststudium: 150 h
- Prüfungsvorbereitung: 75 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 40 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22210 - Lebensmittelverfahrenstechnik, Vorlesung 5 SWS (3 SWS im SS, 2 SWS im WS; es kann sowohl im SS als auch im WS begonnen werden)

#### 4.7.9 Modul 6604 Lebensmittelkunde und -funktionalität

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Bernhard Watzl

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Produktgestaltung

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage auf Nährstoffbasis eine gesundheitliche Bewertung von Lebensmitteln bzw. Ernährungsweisen durchzuführen.

#### **Inhalt**

Bedeutung der Ernährung für die Gesundheit. Im Mittelpunkt stehen Makro- und Mikronährstoffe (Kohlenhydrate, Proteine, Fette, Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente, Ballaststoffe, sekundäre Pflanzenstoffe) sowie deren Bedeutung im Stoffwechsel des Menschen. Es werden die wesentlichen Lebensmittelgruppen (pflanzlich, tierisch) für die Nährstoffzufuhr vorgestellt. Darüber hinaus werden funktionelle Aspekte der Lebensmittel sowie einzelner Inhaltsstoffe (z. B. Senkung des Cholesterinspiegels, Stimulation des Immunsystems, Modulation von Krankheitsrisiken) behandelt.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22207 - Lebensmittelkunde und -funktionalität

#### 4.7.10 Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Steffen Peter Müller

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Verfahrenstechnik
- Produktgestaltung
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Technische Thermodynamik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind befähigt das komplette Verfahren, ausgehend von der chemischen Sol-Bildung (Sol = Dispersionskolloid) bis hin zum fertigen Produkt, wie etwa einer Keramik, zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind befähigt die einzelnen Schritte bis dorthin kritisch zu beurteilen und zu bewerten.

##### **Inhalt**

Herstellung von funktionalen Materialien durch Sol-Gel-Prozesse; Sol-Bildung: Hydrolyse und Kondensation; Vernetzung, Gelierung und Alterung; Deformation und Fließen von Gelen; Trocknung und Rissbildung; Struktur von Aero- und Xerogelen; Oberflächenchemie und Modifikation; Sinterung; Anwendungen: Pulver, Keramiken, Gläser, Filme, Membranen.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 22,5 h
- Praktikum: 11,5 h, 4 Versuche
- Selbststudium: 16 h
- Prüfungsvorbereitung: 130 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

Vertiefungsfach: Produktgestaltung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22110 – Sol-Gel-Prozesse
- 22111 – Praktikum zu 22110

### **Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann im Vertiefungsfach Chemische Verfahrenstechnik auch ohne Praktikum gewählt werden, Umfang 4 LP.

#### 4.7.11 Modul 6606 Produktentstehung - Entwicklungsmethodik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Produktgestaltung“

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können ...

- Produktentwicklung in Unternehmen einordnen und verschiedene Arten der Produktentwicklung unterscheiden
- die für die Produktentwicklung relevanten Einflussfaktoren eines Marktes benennen
- die zentralen Methoden und Prozessmodelle der Produktentwicklung benennen, vergleichen und diese auf die Entwicklung moderat komplexer technische Systeme anwenden
- Problemlösungssystematiken erläutern und zugehörige Entwicklungsmethoden zuordnen
- Produktprofile erläutern sowie darauf aufbauend geeignete Kreativitätstechniken zur Lösungsfindung/Ideenfindung unterscheiden und auswählen
- Gestaltungsrichtlinien für den Entwurf technischer Systeme erörtern und auf die Entwicklung gering komplexer technischer Systeme anwenden
- Qualitätssicherungsmethoden für frühe Produktentwicklungsphasen nennen, vergleichen, situationsspezifisch auswählen und diese auf moderat komplexe technische Systeme anwenden
- Methoden der statistischen Versuchsplanung erläutern
- Kostenentstehung und Kostenverantwortung im Konstruktionsprozess erläutern

## **Inhalt**

Grundlagen der Produktentwicklung: Grundbegriffe, Einordnung der Produktentwicklung in das industrielle Umfeld, Kostenentstehung/Kostenverantwortung Konzeptentwicklung: Anforderungsliste/Abstraktion der Aufgabenstellung/Kreativitätstechniken/ Bewertung und Auswahl von Lösungen Entwerfen: Allgemein gültige Grundregeln der Gestaltung, Gestaltungsprinzipien als problemorientierte Hilfsmittel Rationalisierung in der Produktentwicklung: Grundlagen des Entwicklungsmanagements, Simultaneous Engineering und integrierte Produktentwicklung, Baureihenentwicklung und Baukastensysteme

Qualitätssicherung in frühen Entwicklungsphasen: Methoden der Qualitätssicherung im Überblick, QFD, FMEA

## **Literatur/Lernmaterialien**

- Vorlesungsunterlagen
- Pahl, Beitz: Konstruktionslehre, Springer-Verlag 1997
- Hering, Triemel, Blank: Qualitätssicherung für Ingenieure; VDI-Verlag,1993

## **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 31,5 h
- Selbststudium: 148,5

## **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20-30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

## **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

## **Lehrveranstaltungen**

- 2146176 – Produktentstehung - Entwicklungsmethodik

#### 4.7.12 Modul 6607 Nanopartikel - Struktur & Funktion

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler, Dr.-Ing. Jörg Meyer

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Gas-Partikel-Systeme
- Produktgestaltung
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22936 Nanopartikel Struktur und Funktion, Vorlesung 2 SWS
- 22937 Übungen zu Nanopartikel Struktur und Funktion, Übung 1 SWS



#### 4.7.13 Modul 5204 Rheologie und Rheometrie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. B. Hochstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage das rheologische Verhalten komplexer Fluide wie Suspensionen und Emulsionen zu beschreiben und kennen die zur Verfügung stehenden Meßmethoden und Rheometer für die Ermittlung der rheologischen Materialfunktionen sowie deren Anwendungsgebiete. Sie kennen den Zusammenhang zwischen dem Fließ- und dem verfahrenstechnischen Verhalten der komplexen Fluide und die Möglichkeiten spezielles Verhalten einzustellen.

##### **Inhalt**

Rheologische Materialfunktionen; Relevanz rheologischer Größen in Produktentwicklung, Qualitätsmanagement und Verarbeitung; Praxisrelevante Schergeschwindigkeiten; allgemeiner Spannungszustand, Extraspannungen, Definition des hydrostatischen Druckes, viskosimetrische Strömung; Rheologische Grundkörper; Kugelfall- und Auslaufviskosimeter, Kegel-Platte-, Platte-Platte-, koaxiales Zylinderrheometer, Hochdruck-Kapillarrheometer; Energiedissipation bei einer Scherung; thermo-rheologisches Verhalten; Versuchsführungen; Schwingungsrheologie, Cox-Merz Beziehung, Time-Temperature Superposition, Strain rate frequency Superposition, Einführung in die Dehnrheologie (CaBER-Experiment); Anwendungsbeispiele: Auslegung eines Spenders für kosmetische Produkte, Ermittlung der (Temperatur-) Stabilität von Emulsionen mittels Schwingungsanalyse, Bestimmung der Molmassenverteilung eines Polymers aus der Viskositätsfunktion, Rheologisches Verhalten linearer unvernetzter Polymere.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22949 – Rheologie und Rheometrie

#### 4.7.14 Modul 5205 Rheologie von Polymeren

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. N. Willenbacher

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften von Polymermolekülen und die molekularen Ursachen für das makroskopische viskoelastische Verhalten.

Die Studierenden sind mit den wichtigsten Modellen zur Beschreibung des Fließverhaltens von Polymerschmelzen, -lösungen und -gelen vertraut. Aus rheologischen Daten können sie auf den molekularen Aufbau der entsprechenden Polymere zurückschließen.

Die Studierenden können das Verarbeitungsverhalten von Polymeren an Hand rheologischer Daten beurteilen.

#### **Inhalt**

Grundlagen der (Scher)-Rheometrie & Rheologische Phänomene, Lineare Viscoelastizität, Polymere in Natur und Technik, Was ist ein Polymer? Kettenmodelle und -statistik, verdünnte und mäßig konzentrierte Lösungen, Rouse-Modell - vom Molekül zum Modul !

Zimm-Modell - Intrinsische Viskosität, Molmasse, Molekülarchitektur, Einfluss von Polymerkonzentration und Lösemittelgüte, konzentrierte Lösungen und Schmelzen, Entanglement-Konzept, Röhrenmodelle und Reptation, Einfluss von Molmassenverteilung und Glas temperatur, Zeit-Temperatur Superposition, Gele und Netzwerke, Verdickerlösungen.

Dehnrheologie und Beschichtungsprozesse, Technische Bedeutung - Beispiele aus der industriellen Praxis.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

Vertiefungsfach: Produktgestaltung

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22924 – Rheologie von Polymeren

#### 4.7.15 Modul 5208 Stabilität disperser Systeme

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. N. Willenbacher

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Angewandte Rheologie
- Produktgestaltung

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die Phänomene, die zur De-Stabilisierung kolloidaler Systeme führen und können diese Vorgänge quantitativ beschreiben. Sie kennen die wichtigsten Mechanismen zur Stabilisierung von Dispersionen, Emulsionen und Schäumen und können Produkteigenschaften entsprechend gestalten.

##### **Inhalt**

DLVO-Theorie, Polymeradsorption und sterische Wechselwirkungen, sog. Verarmungs- (depletion) Wechselwirkung.

Dispersionen: elektrostatische und sterische Stabilisierung, Flockung und Koagulation, schnelle Koagulation (Smoluchowski-Gleichung), langsame Koagulation, strömungsinduzierte Koagulation

Emulsionen: Herstellung von Emulsionen, mechanische Beanspruchung, Stabilisierung durch Tenside, Thermodynamik von Oberflächen, Gibbs Adsorptionsgleichung, Grenz- und Oberflächenspannung/ Benetzung, Aufrahmung und Sedimentation, Koaleszenz, Ostwald-Reifung

Stabilisierung durch Polymere, Proteine, feste Partikel (Pickering Emulsionen)

Schäume: Struktur- und Topologie, Koaleszenz, Disproportionierung, Drainage, Filmstabilität und -kollaps, Entschäumen

Messmethoden: optische Methoden: statische und dynamische Lichtstreuung, Trübung, DWS

Zentrifugation, Elektrokinetik, dielektrische Spektroskopie, Leitfähigkeit, Ultraschall, Rheologie, Kalorimetrie, statische und dynamische Schäumtests

Praxisbeispiele

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22916 – Stabilität disperser Systeme

## 4.8 Fach 6700 Chemische Verfahrenstechnik

## Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Reaktionstechnik mehrphasiger Systeme</b> - <i>Chemische Verfahrenstechnik II</i> - <i>Heterogene Katalyse I</i> - <i>Übung und Repetitorium</i>	Kraushaar	WS	3 + 2	10
2	<b>Heterogene Katalyse II</b>	Kraushaar	SS	2 + 1	6
3	<b>Reaktionskinetik</b>	Müller	WS	2 + 1	6
4	<b>Sol-Gel-Prozesse</b> - <i>Sol-Gel-Prozesse</i> - <i>Praktikum Sol-Gel-Prozesse</i>	Müller	SS	2 + 0 0 + 1	4 2
5	<b>Messmethoden in der chemischen Verfahrenstechnik</b> - <i>Messmethoden in der chemischen Verfahrenstechnik</i> - <i>Praktikum zu Messmethoden in der chemischen Verfahrenstechnik</i>	Müller	SS	2 + 0 0 + 1	4 2
6	<b>Auslegung von Mikroreaktoren</b>	Pfeifer	WS	3 + 0	6
7	<b>Katalytische Mikroreaktoren</b> - <i>Katalytische Mikroreaktoren</i> - <i>Praktikum zu Katalytische Mikroreaktoren</i>	Pfeifer	SS	2 + 0 0 + 1	4 2

## Kombinationen:

- Modul 1 = Pflichtmodul, sofern nicht "Katalytische Reaktionstechnik" (Profilfach, im Bachelor) absolviert
- Modul 6 ist nicht wählbar nach Ablegen des Profilfachs "Mikroverfahrenstechnik" im Bachelor
- Module 6 & 7 dürfen nicht kombiniert werden, d.h. wählbar ist nur 6 oder 7
- Praktika (4, 5 & 7) können abgewählt werden, wobei sich die Modul-LP entsprechend verringern

## Prüfungsmodus:

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

#### 4.8.1 Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Steffen Peter Müller

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Verfahrenstechnik
- Produktgestaltung
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Technische Thermodynamik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind befähigt das komplette Verfahren, ausgehend von der chemischen Sol-Bildung (Sol = Dispersionskolloid) bis hin zum fertigen Produkt, wie etwa einer Keramik, zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind befähigt die einzelnen Schritte bis dorthin kritisch zu beurteilen und zu bewerten.

##### **Inhalt**

Herstellung von funktionalen Materialien durch Sol-Gel-Prozesse; Sol-Bildung: Hydrolyse und Kondensation; Vernetzung, Gelierung und Alterung; Deformation und Fließen von Gelen; Trocknung und Rissbildung; Struktur von Aero- und Xerogelen; Oberflächenchemie und Modifikation; Sinterung; Anwendungen: Pulver, Keramiken, Gläser, Filme, Membranen.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 22,5 h
- Praktikum: 11,5 h, 4 Versuche
- Selbststudium: 16 h
- Prüfungsvorbereitung: 130 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22110 – Sol-Gel-Prozesse
- 22111 – Praktikum zu 22110

### **Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann im Vertiefungsfach Chemische Verfahrenstechnik auch ohne Praktikum gewählt werden, Umfang 4 LP.



## 4.8.2 Modul 6701 Reaktionstechnik mehrphasiger Systeme

**Leistungspunkte:** 10.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 5,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Bettina Kraushaar-Czarnetzki

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht im Vertiefungsfach "Chemische Verfahrenstechnik"

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen das Filmmodell und sind in der Lage, es zur Berechnung von Stofftransport-Einflüssen in reagierenden mehrphasigen Systemen anzuwenden. Sie kennen technische Reaktoren für die Umsetzung von zwei- und dreiphasigen Reaktionsgemischen und können ihre Anwendungsgebiete und technischen Einsatzgrenzen erörtern. Im Fall mehrphasiger Reaktoren mit gut definierten System-Eigenschaften sind sie auch in der Lage, eine rechnerische Auslegung der Reaktordimensionen und der geeigneten Betriebsbedingungen vorzunehmen. Die Studierenden kennen die Funktionen von Katalysatoren und können die Modellvorstellungen zu ihrer Wirkungsweise erörtern. Sie kennen die Methoden zur industriellen Herstellung von heterogenen Katalysatoren und können Zusammenhänge zwischen Verarbeitung und Eigenschaften aufzeigen. Die Studierenden kennen Methoden zur Bestimmung von physikalisch-chemischen und katalytischen Eigenschaften und sind dazu fähig, auf der Basis der Untersuchungsergebnisse qualifizierte Aussagen über die Anwendungsmöglichkeit und Wirksamkeit von heterogenen Katalysatoren zu machen.

### **Inhalt**

Theorie von Stofftransport und Reaktion in mehrphasigen Reaktionssystemen (Filmmodell); technische Reaktoren für zweiphasige Systeme: gasförmig-flüssig, flüssig-flüssig, gasförmig-fest; Reaktoren für dreiphasige Systeme. Funktionen und Wirkungsweise von Katalysatoren; Aufbau, Herstellung und Formgebung von heterogenen Katalysatoren; physikalisch-chemische Eigenschaften (Zusammensetzung, morphologische und mechanische Eigenschaften, Gesamtoberfläche und partielle Oberflächen, Porosität und Porenradialverteilung, Oberflächenchemie) und ihre Charakterisierung; funktionale Charakterisierung (Aktivität, Selektivität).

### **Literatur/Lernmaterialien**

- B. Kraushaar-Czarnetzki: Skript "Chemische Verfahrenstechnik II";
- B. Kraushaar-Czarnetzki: Foliensammlung "Heterogene Katalyse I".

Alle Lernmaterialien und Hinweise auf Spezialliteratur sind auf der Lernplattform ILIAS (<https://ilias.studium.kit.edu>) abgelegt.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 70 h
- Repetitorium: 30 h
- Selbststudium: 120 h
- Prüfungsvorbereitung: 80 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 40 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22122 - Chemische Verfahrenstechnik II, 2V
- 22125 - Heterogene Katalyse I, 1V
- 22123 - Übungen und Repetitorium, 2Ü

### 4.8.3 Modul 6702 Heterogene Katalyse II

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Bettina Kraushaar-Czarnetzki

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Chemische Verfahrenstechnik"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Studierende kennen die Einflüsse von Stoff- und Wärmetransport-hemmungen auf Aktivität und Selektivität sowie auf das Auftreten von Partikel-/Film-Überhitzung und multiplen Betriebszuständen. Sie können Konzepte zur Gestaltung von Katalysatoren entwickeln, mit denen Transporthemmungen und hohe Druckverluste vermieden werden. Sie sind fähig, Reaktoren und Betriebsbedingungen auszuwählen, die eine optimale Nutzung der Leistungsmerkmale eines Katalysators ermöglichen.

#### **Inhalt**

Einflüsse von Stoff- und Wärmetransport auf die Wirksamkeit von Katalysatoren (Aktivität, Selektivität, Überhitzungsphänomene, multiple Zustände); moderne Formulierungs- und Formgebungstechniken zur Leistungsmaximierung von technischen Kontakten; Konzepte für katalytische Reaktoren; aktuelle Fallstudien zur Entwicklung und Anwendung von heterogenen Katalysatoren.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Siehe Lernplattform ILIAS (<https://ilias.studium.kit.edu>).

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 32 h
- Repetitorium: 28 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22134 - Heterogene Katalyse II, 2V
- 22135 - Übung/Repetitorium zu Het. Kat. II, 1Ü

### **Allgemeine Hinweise**

Im Vertiefungsfach "Chemische Verfahrenstechnik" nur in Kombination mit dem Modul "Reaktionstechnik mehrphasiger Systeme" wählbar.

Die Kombination mit dem Modul "Reaktionstechnik mehrphasiger Systeme" entfällt bzw. ist ausgeschlossen, wenn im Bachelor-Studium das Profulfach "Katalytische Reaktionstechnik" absolviert wurde.

#### 4.8.4 Modul 6703 Reaktionskinetik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Steffen Peter Müller

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Chemische Verfahrenstechnik".

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Ursachen und die unterschiedlichen elementaren Schritte von chemisch homogenen Reaktionen grundlegend erörtern. Ferner sind sie mit diesen Grundlagen befähigt, Berechnungen von chemischen Reaktionen mittels Ergebnissen aus kinetischen Versuchen durchzuführen. Anhand verschiedener Beispiele können die Studierenden Reaktionen unterschiedlicher Elementarschritte identifizieren sowie analysieren und daher die Sachverhalte chemisch homogener Reaktionen beurteilen und kritisch bewerten.

#### **Inhalt**

Grundlagen: Theorie des aktivierten Komplexes, thermodynamische Aspekte, aktive Zentren, Kettenreaktionen. Anwendungen: Photochemie, Reaktionen in Lösungen, Poly-Reaktionen, Autokatalyse, Explosionen.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 34 h
- Selbststudium: 16 h
- Prüfungsvorbereitung: 130 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22106 - Vorlesung Reaktionskinetik
- 22107 - Übung zu 22106

#### **Allgemeine Hinweise**

Übungen 14-täglich.

#### 4.8.5 Modul 6704 Messmethoden in der chemischen Verfahrenstechnik mit Praktikum

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Steffen Peter Müller

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Chemische Verfahrenstechnik".

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können unterschiedliche Messmethoden erörtern und können diese auch z.B. anhand unterschiedlichen Messprinzipien unter-einander vergleichen und analysieren. Die Studierenden sind daher fähig, unterschiedliche Messmethoden kritisch zu beurteilen und zu bewerten.

##### **Inhalt**

Theorie und Praxis zur *on-line* Messung von Prozessgrößen (Temperatur, Druck, Durchflussgeschwindigkeit, Gemischzusammensetzung, pH-Wert) und zur Bestimmung von Stoffeigenschaften (Fluiddichte, Feststoffdichte).

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 22,5 h
- Praktikum: 11,5 h, 8 Versuche
- Selbststudium: 26 h
- Prüfungsvorbereitung: 120 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22126 – Messmethoden in der chemischen Verfahrenstechnik
- 22127 – Praktikum zu 22126

##### **Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann auch ohne Praktikum gewählt werden, Umfang 4 LP

#### 4.8.6 Modul 6705 Auslegung von Mikroreaktoren

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Peter Pfeifer

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Chemische Verfahrenstechnik".

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studentinnen und Studenten können die Methoden der Prozessintensivierung durch Mikrostrukturierung des Reaktionsraumes anwenden und sind in der Lage die Vorteile und Nachteile einer Übertragung von gegebenen Prozessen in mikroverfahrenstechnische Apparate zu analysieren. Mit Kenntnis über spezielle Herstellverfahren für Mikroreaktoren sind die Studentinnen und Studenten in der Lage Auslegungsmethoden auf mikrostrukturierte Systeme hinsichtlich des Wärmetauschs anzuwenden und die Möglichkeiten zur Übertragung von Prozessen aus konventioneller Verfahrenstechnik in den Mikroreaktor hinsichtlich der Wärmeübertragungsleistung zu analysieren. Sie verstehen außerdem, wie die Mechanismen von Stofftransport und Mischung in strukturierten Strömungsmischern zusammenspielen, und sind in der Lage diese Kenntnisse auf die Kombination von Mischung und Reaktion anzuwenden. Darüber hinaus können sie mögliche Limitierungen bei der Prozessumstellung analysieren und so mikrostrukturierten Reaktoren für homogene Reaktionen angemessen auslegen. Die Studentinnen und Studenten verstehen die Bedeutung der Verweilzeitverteilung für Umsatz und Selektivität und sind in der Lage das Zusammenspiel von Stofftransport durch Diffusion und hydrodynamischer Verweilzeit in mikroverfahrenstechnischen Apparaten in gegebenen Anwendungsfällen zu analysieren.

**Inhalt**

Basiswissen zu mikroverfahrenstechnischen Systemen: Herstellung von mikrostrukturierten Systemen und Wechselwirkung mit Prozessen, Intensivierung von Wärmetausch und spezielle Effekte durch Wärmeleitung, Verweilzeitverteilung in Reaktoren und Besonderheiten in mikrostrukturierten Systemen, strukturierte Strömungsmischer (Bauformen und Charakterisierung) und Auslegung von strukturierten Reaktoren hinsichtlich Stoff- und Wärmetransport.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Skript (Foliensammlung), Fachbücher:
- Kockmann, Norbert (Hrsg.), Micro Process Engineering, Fundamentals, Devices, Fabrication, and Applications, ISBN-10: 3-527-31246-3
- Micro Process Engineering - A Comprehens (Hardcover), Volker Hessel (Editor), Jaap C. Schouten (Editor), Albert Renken (Editor), Yong Wang (Editor), Junichi Yoshida (Editor), 3 Bände, 1500 Seiten, Wiley VCH, ISBN-10: 3527315500
- Winnacker-Küchler: Chemische Technik, Prozesse und Produkte, BAND 2: NEUE TECHNOLOGIEN, Kapitel Mikroverfahrenstechnik S. 759-819, ISBN-10: 3-527-30430-4
- Emig, Gerhard, Klemm, Elias, Technische Chemie, Einführung in die chemische Reaktionstechnik, Springer-Lehrbuch, 5., aktual. u. erg. Aufl., 2005, 568 Seiten, ISBN-10: 3-540-23452-7 (Kapitel Mikroreaktionstechnik S. 444-467)
- Chemical Kinetics, ISBN 978-953-51-0132-1 "Application of Catalysts to Metal Microreactor Systems", P. Pfeifer, <http://www.intechopen.com/books/chemical-kinetics/application-of-catalysts-to-metal-microreactor-systems>

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22145 – Auslegung von Mikroreaktoren



#### 4.8.7 Modul 6706 Katalytische Mikroreaktoren mit Praktikum

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Peter Pfeifer

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Chemische Verfahrenstechnik"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studentinnen und Studenten können die Methoden der Prozessintensivierung mittels katalytischer Mikroreaktoren anwenden und sind in der Lage die Vorteile und Nachteile einer Übertragung von gegebenen Prozessen in katalytisch funktionalisierten Mikroreaktoren zu analysieren. Zusammen mit der Kenntnis über spezielle Herstellverfahren für Mikroreaktoren sind die Studentinnen und Studenten in der Lage Auslegungsmethoden auf mikrostrukturierte Systeme hinsichtlich des Stoff- und Wärmetauschs in katalytisch funktionalisierten Mikroreaktoren anzuwenden und die Vor- und Nachteile sowie die Anwendbarkeit des Typs Mikroreaktor zu analysieren. Sie verstehen außerdem, wie die Mechanismen von Stofftransport und heterogen katalysierter Reaktion in strukturierten Reaktoren zusammenspielen, und sind in der Lage diese Kenntnisse auf reale Probleme anzuwenden. Darüber hinaus können sie mögliche Einsparungen beim Design der Mikroreaktoren erkennen und in die Praxis umsetzen bzw. die Fahrweise der Reaktoren so optimieren, dass sowohl CAPEX als auch OPEX durch den Einsatz katalytischer Mikroreaktoren reduziert wird.

**Inhalt**

Methoden der Herstellung von Mikroreaktoren; Verbindungstechniken für Mikrostrukturapparate; Grundlagen des Wärme- und Stofftransports in Mikrokanälen sowie der Verweilzeitverteilung in Einkanal- und Mehrkanalanordnungen. Schwerpunktthemen auf der Katalysatorintegration in Mikrostrukturreaktoren und Vergleich zu konventionellen katalytischen Reaktoren; experimentelle und mathematische Kriterien zur Beurteilung von Wärme- und Stofftransportlimitierungen in katalytischen Mikrostrukturreaktoren sowie die dazugehörigen Stoff- und Wärmebilanzen; Einstellungen isothermer Bedingungen, Fahrweisen mit erzwungenen Temperaturgradienten für exotherme Gleichgewichtsreaktionen sowie Kombination exothermer und endothermer Reaktionen in einem Mikroreaktor.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Praktikum: 20 h (3 Praktikumsversuche (je 0.5-1 Tag)) plus Ausarbeitung 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 50 h

Vertiefungsfach: Chemische Verfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22136 – Katalytische Mikroreaktoren
- 22137 – Praktikum zu Grundlagen der Mikroverfahrenstechnik

### **Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann auch ohne Praktikum mit einem Umfang von 4 LP gewählt werden.

## 4.9 Fach 6800 Chemische Energieträger - Brennstofftechnologie

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Brennstofftechnik</b> <i>- Grundlagen der Brennstofftechnik</i>	Kolb	WS	2 + 1	6
2	<b>Energieträger aus Biomasse</b>	Bajohr	WS	2 + 1	6
3	<b>Katalytische Verfahren der Gastechnik</b>	Bajohr	SS	2 + 0	4
4	<b>Raffinerietechnik – flüssige Energieträger</b>	Rauch	SS	2 + 1	6
5	<b>Technical Systems for Thermal Waste Treatment</b>	Kolb	WS	2 + 0	4
6	<b>Grundlagen der Verbrennungstechnik</b>	Trimis	WS	2 + 1	6
7	<b>Hochtemperatur-Verfahrenstechnik</b>	Stapf	SS	2 + 1	6
8	<b>Angewandte Verbrennungstechnik</b>	Zarzalis	WS	2 + 1	6
9	<b>Chemische Verfahrenstechnik II</b>	Kraushaar- Czarnetzki	WS	2 + 0	4
10	<b>Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen</b>	Schmidt	SS	2 + 0	4
11	<b>Wirbelschichttechnik</b>	Rauch	WS	2+0	4

### Kombinationen:

Modul 1 = Pflichtmodul

### Prüfungsmodus:

Gesamtprüfung der Modulkombination

#### 4.9.1 Modul 6405 Brennstofftechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher:** Prof. Dr.-Ing. Thomas Kolb

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik (Falls nicht bereits in "Chemische Energieträger und Brennstofftechnologie gewählt)

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, Energierohstoffe und daraus erzeugte Brennstoffe / chemische Energieträger zu charakterisieren und die Prozesse und Verfahren zur Erzeugung von chemischen Energieträgern bezüglich Verfahrenstechnik, Kosten und Umweltrelevanz kritisch zu bewerten.

#### **Inhalt**

- Überblick über die Energierohstoffe: Kohle, Öl, Gas, Biomasse - Entstehung, Vorräte, Verbrauch
- Technik der Förderung
- Charakterisierung und Analytik der Energierohstoffe und Brennstoffe
- Grundlagen, Prozesse und Verfahren zur Wandlung von Energierohstoffen in chemische Energieträger/Brennstoffe
- Prozesse und Verfahren der Brennstoff-Nutzung: Strom / Wärme, Mobilität, Synthese
- Vergleichende Bewertung von Prozessketten zur Wandlung und Nutzung von Brennstoffen auf Basis von LCA, Ökoeffizienzanalyse

### **Literatur/Lernmaterialien**

- "Die Veredlung und Umwandlung von Kohle Technologien und Projekte 1970 bis 2000 in Deutschland"; ISBN 978-3-936418-88-0
- „Grundlagen der Gastechnik“; ISBN 978-3446211094
- "Handbook of Fuels"; ISBN 978-3-527-30740-1
- „Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry“; ISBN 978-3-5273-0673-2

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22305 - Grundlagen der Brennstofftechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22306 – Übungen und Demonstrationen zu 22305, 1 SWS

## 4.9.2 Modul 6406 Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

### **Modulverantwortlicher**

Professor Dr.-Ing. Jürgen Schmidt

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger - Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage, Risiken von technischen Anlagen systematisch abzuschätzen, Auswirkungen von möglichen Störfällen zu bewerten und geeignete sicherheitstechnische Gegenmaßnahmen zu definieren. Die Vorlesung ist in Themenblöcke aufgeteilt.

### Risikomanagement:

Sie können ...

- mit einer technischen Risikoanalyse Gefahren einstufen
- Risiken qualitativ und quantitativ definieren und einschätzen
- mit dem Risikografen Anforderungen an Schutzeinrichtungen bestimmen
- wesentliche Inhalte / Begriffe der Störfallverordnung wiedergeben
- ein Anlagensicherheitskonzept erstellen und bewerten
- eine Sicherheitsanalyse für eine Anlage durchführen

### Gefahrstoffe:

Sie können ...

- Wirkung / Aufnahmewege toxischer Stoffe beschreiben
- Begriffe / Vorschriften einordnen

- Einstufungen vornehmen von ...
  - Gefährlichkeitsmerkmalen
  - Kennzeichnungen / Verpackungen
  - Sicherheitstechnischen Kenngrößen
- Grundlagen des Arbeitsschutzes anwenden (Grenzwerte / Betriebsanweisung)

#### Exotherme Chemische Reaktionen:

Sie können ...

- Ursachen für Durchgehreaktionen erkennen
- Gesetzliche Vorgaben anwenden
- Gefahren ermitteln und bewerten
- Sicherheitstechnische Kenngrößen festlegen
- Reaktionskalorimetrische Daten interpretieren (DTA / DWStau)
- Wärmebilanzen von Reaktoren beurteilen

#### Sicherheitseinrichtungen:

Sie sollen ...

- Die Bauarten und Einsatzbereiche von Sicherheitseinrichtungen kennen
- Die Funktion und Charakteristiken von Sicherheitsventilen beschreiben können
- Den Weg zur Auslegung von Sicherheitseinrichtungen im Detail wiedergeben können

#### Rückhalteeinrichtungen:

Sie sind in der Lage ...

- Die Bauarten und Einsatzbereiche von Rückhaltesystemen wiederzugeben
- Zyklonabscheider und Schwerkraftabscheider für Notentlastungssysteme auszulegen
- Rückhaltesysteme für Chemieanlagen sicherheitstechnisch zu bewerten
- Notkühlung und Stoppersysteme als Alternative zu Entlastungssystemen vorzuschlagen

#### Ausbreitung von Gefahrstoffen:

Sie sind in der Lage ...

- zu entscheiden, ob Stoffe bei Notentlastungen von Reaktoren in die Atmosphäre entlastet werden dürfen
- Einflussgrößen auf die Ausbreitung von Schadstoffen zu beschreiben
- Störfall-Beurteilungswerte zu benennen und zu erklären

- das Vorgehen bei der Ausbreitungsrechnung zu beschreiben
- Empfehlungen für die Betriebe zu geben, worauf bei der Entlastung von Gefahrstoffen zu achten ist
- vorhandene Notentlastungseinrichtungen zu bewerten

#### PLT Schutzeinrichtungen:

Sie sollen ...

- PLT-Einrichtungen klassifizieren können
- die Anforderungen an eine PLT-Schutzeinrichtungen benennen können
- die Vorgehensweise zur Auslegung von PLT-Schutzeinrichtungen wiedergeben können
- den Einsatz vorhandener PLT-Schutzeinrichtungen bewerten können

#### Explosionsschutz:

Sie sind in der Lage ...

- die Voraussetzungen für das Auftreten von Explosionen zu benennen
- Explosionsbereiche bei Zweistoffsystemen/Dreistoffsystemen einzugrenzen
- Sicherheitstechnische Kennzahlen wie Mindestzündenergie/Zündtemperatur und die Explosionskenngrößen ( $P_{max}$ , KG) zu definieren und die damit verbundenen Konzepte zu beschreiben
- Schutzmaßnahmen für die Vermeidung von Explosionen zu vorschlagen
- Vorhandene Schutzmaßnahmen an Anlagen zu bewerten

#### Elektrostatik:

Sie sind in der Lage ...

- Die verschiedenen Formen der elektrostatischen Aufladung und Entladung von Gegenständen und Einrichtungen zu beschreiben
- Schutzmaßnahmen gegen Explosionen aufzuzeigen
- Vorhandene Schutzmaßnahmen zu bewerten und Empfehlungen für die korrekte Ausführung bei neuen Anlagen zu geben



## **Inhalt**

Einführung in den Schutz von Mensch und Umwelt vor den Gefahren von technischen Anlagen in der Chemie, Petrochemie, Pharmazie und im Bereich Öl und Gas. Durch Risikomanagement lassen sich Störfälle vermeiden und die Auswirkungen von Ereignissen begrenzen.

Risikomanagement, Handhabung von Gefahrstoffen, Vermeidung von Durchgehreaktionen bei gefährlichen chemischen Reaktionen, Auslegung von Schutzeinrichtungen für Notentlastungen wie Sicherheitsventile, Berstscheiben und nachgeschaltete Rückhalteeinrichtungen. Moderne Prozessleittechnische Systeme, Emission und Ausbreitung von Gefahrstoffen in der Atmosphäre sowie Explosionsschutz und Brandschutz.

## **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

## **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

## **Notenbildung**

Vorlesungsblocknote ist die Note der mündlichen Prüfung

## **Lehrveranstaltungen**

- 22308 – Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen

## **Allgemeine Hinweise**

Die Vorlesung wird als Blockvorlesung mit Exkursion in einen Störfallbetrieb gehalten.

### 4.9.3 Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger-Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden identifizieren Anforderungen an Hochtemperaturprozesse aus der Problemstellung. Durch geeignete Bilanzierung unter Berücksichtigung relevanter kinetischer Vorgänge ermitteln sie daraus die erforderlichen Prozessparameter. Sie sind fähig, hierfür geeignete Reaktoren und Prozesskomponenten auszuwählen. Somit können die Studierenden unterschiedliche Verfahren der Prozessindustrie kritisch beurteilen und Lösungen für neue Problemstellungen der HTVT systematisch entwickeln.

#### **Inhalt**

Hochtemperaturprozesse im Beispiel; Verbrennungstechnische Grundlagen; Wärmeübertragung durch Strahlung; Wärmeaustauschrechnung für Hochtemperaturanlagen; Metallische und keramische Hochtemperaturwerkstoffe; Beispiele zur Konstruktion von Hochtemperaturanlagen.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Auf aktuelle Literatur wird im Fortlauf der Vorlesung hingewiesen

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22505 – Hochtemperaturverfahrenstechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22506 – Übung zu 22505, Übung, 1 SWS

### **Allgemeine Hinweise**

Dieses Modul behandelt die Hochtemperaturverfahrenstechnik als Querschnittsthema verschiedener verfahrenstechnischer Fachgebiete. Im Rahmen der Übungen findet die Anwendung der erlernten Grundlagen in der Prozessbeurteilung anhand konkreter Beispiele der HTVT statt.

#### 4.9.4 Modul 6801 Energieträger aus Biomasse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Siegfried Bajohr

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger- Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Technische Biologie
- Verbrennungstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden entwickeln Prozessverständnis für Prozesse zur Umwandlung und Nutzung von Biomasse. Sie können entsprechende Prozesse bilanzieren, bewerten und weiterentwickeln. Die Betrachtung ethischer, ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen hilft den Studierenden bei der kritischen Bewertung von (neuen) Prozessen und bei deren Weiterentwicklung.

**Inhalt**

- Grundlagen der Biomasseentstehung und der Umwandlungspfade hin zu chemischen Energieträgern wie Biodiesel, Ethanol oder SNG.
- Charakterisierungsmethoden und Unterscheidungskriterien für Biomasse, nutzbare Potenziale global/national, Nachhaltigkeitsaspekte, CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale.
- Nutzung und Umwandlung von Pflanzenölen und -fetten.
- Biochemische Umwandlungsprozesse zu Ethanol und Biogas, Nutzung- und Aufbereitungsprozesse für Biogas.
- Thermochemische Biomasseumwandlung durch Pyrolyse und Vergasung; ausgewählte Synthesen (FT-, CH<sub>4</sub>-, CH<sub>3</sub>OH-, DME-Synthese).

**Literatur/Lernmaterialien**

- Kaltschmitt, M.; Hartmann (Ed.): Energie aus Biomasse, 2. Aufl., Springer Verlag 2009.
- Graf, F.; Bajohr, S. (Hrsg.): Biogas: Erzeugung – Aufbereitung – Einspeisung, 2. Aufl., Oldenbourg Industrieverlag 2013.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22320 - Energieträger aus Biomasse / Biomass based Energy Carriers; Vorlesung, 2 SWS
- 22321 - Übung zu Energieträger aus Biomasse / Exercise Biomass based Energy Carrier; 2 SWS

#### 4.9.5 Modul 6803 Katalytische Verfahren der Gastechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Siegfried Bajohr

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie“

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die wesentlichen katalytischen Verfahren in der Gastechnik. Das an den konkreten Beispielen der Vorlesung erlernte Zusammenspiel aus Thermodynamik, Stoff-/Wärmetransport und Reaktionskinetik liefert ihnen das notwendige Wissen zur Reaktorauswahl und weiteren Verfahrensentwicklung anderer katalytischer Prozesse.

**Inhalt**

Quellen, Nutzung, Bedarf und Charakterisierung gasförmiger chemischer Energieträger.

Übersicht über katalytische Verfahren und Prozesse zur Erzeugung, Aufbereitung und Nutzung gasförmiger Energieträger.

Erzeugung und Nutzung am Beispiel Methanisierung / Steamreforming => Reaktorkonzepte für exotherme und endotherme Prozesse.

Gasaufbereitung bzw. katalytische Prozesse zur Gasreinigung und Gaskonditionierung.

**Literatur/Lernmaterialien**

- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH 2000.
- Jess, A.; Wasserscheid, P.: Chemical Technology. An Integral Textbook, Wiley-VCH 2013.
- Weber, K.: Engineering verfahrenstechnischer Anlagen. Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Springer Vieweg 2014.
- Froment, G. F.; Waugh, K. C.: Reaction Kinetics and the Development and Operation of Catalytic Processes, Elsevier 1999.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22345 - Katalytische Verfahren der Gastechnik, Vorlesung , s SWS

#### 4.9.6 Modul 6804 Raffinerietechnik - flüssige Energieträger

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Rauch

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie“

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können Prozesse und Verfahren zur Erzeugung flüssiger Energieträger bilanzieren und wesentliche Zusammenhänge und Herausforderungen im modernen Raffinerieverbund erkennen. Das hieraus ableitbare Wissen kann auf andere verfahrenstechnische Prozesse übertragen werden und hilft bei deren Bewertung und Weiterentwicklung.

##### **Inhalt**

Einführung in die flüssigen chemischen Brennstoffe: Quellen, Ressourcen/Reserven, Verbrauch, charakteristische Eigenschaften von Rohstoffen und Produkten, Verfahrensübersicht. Erdöl und Erdölverarbeitung: Charakterisierung von Erdöl und Erdölprodukten, physikalische Trennverfahren, chemische Umwandlungsverfahren (chemische Gleichgewichte, Reaktionstechnik etc.), Raffineriestrukturen. Nicht-konventionelle flüssige Brennstoffe z. B. aus Syntheseprozessen oder nachwachsenden Rohstoffen (Fettsäureester, Alkohole, synthetische Kraftstoffe).

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Elvers, B. (Ed.): Handbook of Fuels, Energy Sources for Transportation, Wiley VCH 2008.
- Lucas, A. G. (Ed.): Modern Petroleum Technology, Vol. 2 Downstream, John Wiley 2000.
- Gary, J.; Handwerk, G., Kaiser, M. J.: Petroleum Refining, Technology and Economics, Fifth Edition, CRC Press 2007

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h



### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22310 - Raffinerietechnik – flüssige Energieträger / Refinery Technology – Liquid Fuels, Volesung, 2 SWS
- 22312 - Übung zu Raffinerietechnik – flüssige Energieträger / Exercise Refinery Technology – Liquid Fuels, 1 SWS

#### 4.9.7 Modul 6805 Technical Systems for Thermal Waste Treatment

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. - Ing. Thomas Kolb

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger Brennstofftechnologie
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

The students are enabled to characterize different waste fractions and select suitable technologies for waste to energy conversion based on detailed process understanding and by application of evaluation tool combining economical and ecological aspects. The students gain a profound inside into process operation.

#### **Inhalt**

- Waste: definition, specification, potential
- Basic thermo-chemical processes for waste treatment: pyrolysis, gasification, combustion
- Technical systems for thermal waste treatment:
  - combustion: Grate furnace, rotary kiln, fluidized bed
  - gasification: fixed bed, fluidized bed, entrained flow
  - pyrolysis: rotary kiln
  - Refractory technology
  - Legal aspects of waste management
  - Tools for critical evaluation of waste treatment technologies
  - Excursion to industrial sites

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50
- Prüfungsvorbereitung: 40

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22516 - Technical Systems for Thermal Waste Treatment, Vorlesung 2 SWS

### **Allgemeine Hinweise**

Die Exkursion ist ein prüfungsrelevantes Element der Vorlesung

#### 4.9.8 Modul 6806 Grundlagen der Verbrennungstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Einführung und Stellenwert der Verbrennungstechnik; Thermodynamik technischer Verbrennung; Stoffumsatz und Enthalpieumsatz; Gleichgewichtszusammensetzung; Verbrennungstemperatur; Kinetik von Verbrennungsvorgängen; Verbrennungstechnische Kenngrößen: Zündgrenzen, Zündtemperatur, Zündenergie, Zündverzug, Löschabstand, Flammpunkt; Reaktionsmechanismen der Verbrennung; Flammengeschwindigkeit; Thermische Flammentheorie; Turbulente Flammenausbreitung; Übersicht Brennersysteme.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22501 - Grundlagen der Verbrennungstechnik / Combustion Technology

#### 4.9.9 Modul 6807 Angewandte Verbrennungstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Nikolaos Zarzalis

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

- Die Studenten können die verbrennungstechnischen Kennzahlen und die Eigenschaften von unterschiedlichen Flammen beschreiben und erklären.
- Die Studenten sind in der Lage die verbrennungstechnischen Kennzahlen zu benutzen, um Brenner auszulegen.
- Die Studenten sind in der Lage Brenner hinsichtlich ihrer Operabilität zu untersuchen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren.
- Die Studenten sind in der Lage das Brennverhalten im Hinblick auf die jeweilige Anwendung zu beurteilen.

#### **Inhalt**

Grundlagen der Verbrennungsvorgänge; Brennstoffe; Verbrennungstechnische Kenngrößen; Laminare Flammenfortpflanzung;

Struktur und Eigenschaften stationärer laminarer und turbulenter Flammen; Flammenstabilität; Ähnlichkeitsgesetze und Skalierung von Brennern; Verbrennung von flüssigen Brennstoffen; Heterogene Verbrennung von festen Brennstoffen; Beispiele praktischer Verbrennungssysteme.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- F. Joos, Technische Verbrennung
- J. Warnatz, U. Maas, Technische Verbrennung
- S. R. Turns, An Introduction to Combustion

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 25 h
- Prüfungsvorbereitung: 110 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von max. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22503 – Angewandte Verbrennungstechnik, Vorlesung, 2 SWS
- 22504 – Übung zu 22503 Angewandte Verbrennungstechnik, 1 SWS

#### 4.9.10 Modul 6808 Chemische Verfahrenstechnik II

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Bettina Kraushaar-Czarnetzki

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Chemische Energieträger - Brennstofftechnologie"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen das Filmmodell und sind in der Lage, es zur Berechnung von Stofftransport-Einflüssen in reagierenden mehrphasigen Systemen anzuwenden. Sie kennen technische Reaktoren für die Umsetzung von zwei- und dreiphasigen Reaktionsgemischen und können ihre Anwendungsgebiete und technischen Einsatzgrenzen erörtern. Im Fall mehrphasiger Reaktoren mit gut definierten System-Eigenschaften sind sie auch in der Lage, eine rechnerische Auslegung der Reaktordimensionen und der geeigneten Betriebsbedingungen vorzunehmen.

#### **Inhalt**

Theorie von Stofftransport und Reaktion in mehrphasigen Reaktionssystemen (Filmmodell); technische Reaktoren für zweiphasige Systeme: gasförmig-flüssig, flüssig-flüssig, gasförmig-fest; Reaktoren für dreiphasige Systeme.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- B. Kraushaar-Czarnetzki: Skript "Chemische Verfahrenstechnik II";
- B. Kraushaar-Czarnetzki: Foliensammlung "Heterogene Katalyse I".

Alle Lernmaterialien und Hinweise auf Spezialliteratur sind auf der Lernplattform ILIAS (<https://ilias.studium.kit.edu>) abgelegt

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22122 - Chemische Verfahrenstechnik II, Vorlesung, 2 SWS



#### 4.9.11 Modul 5215 Wirbelschichttechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes Wintersemester

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Reinhard Rauch

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Gas-Partikel-Systeme

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Verständnis für Wirbelschichten, Design Berechnung und Auslegung von Wirbelschichten inkl. Gasverteiler, Vor- und Nachteile von Wirbelschichten und industrielle Anwendungen.

#### **Inhalt**

Grundlagen der Wirbelschicht, Erklärung von stationärer Wirbelschicht, zirkulierende Wirbelschicht und Zweibettwirbelschicht, Berechnung von Lockerungspunkt und Schwebegeschwindigkeit, Klassifikation von Partikeln, Design von Gasverteilerboden, theoretische Grundlagen von Blasenbildung in der Wirbelschicht, Wärmeübergang, Kaltmodelle und CFD Simulation zur Auslegung von Wirbelschichten, industrielle Beispiele von Wirbelschichten

#### **Literatur**

- Fluidized Beds, Jesse Zhu, Bo Leckner, Yi Cheng, and John R. Grace, Chapter 5 in Multiphase Flow Handbook. Sep 2005 , ISBN: 978-0-8493-1280-9, <https://doi.org/10.1201/9781420040470.ch5>
- Glicksman L.R., Hyre M., Woloshun K., "Simplified scaling relationships for fluidized beds" Powder Technology, 77, (1993)
- J. Werther, Fluidised-Bed Reactors, in Ullmanns Encyclopedia of industrial chemistry, [http://dx.doi.org/10.1002/14356007.b04\\_239.pub2](http://dx.doi.org/10.1002/14356007.b04_239.pub2)

#### **Arbeitsaufwand**

Präsenzzeit: 45 Stunden

Selbststudium 75 Stunden

Prüfungsvorbereitung und Prüfung: 60

#### **Leistungsnachweis/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22303 – Wirbelschichttechnik, Vorlesung, 2 SWS

## 4.10 Fach 6900 Technische Thermodynamik

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Das Modul "Thermodynamik III" im Fach "Erweiterte Grundlagen" muss bestanden sein.

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Statistische Thermodynamik</b>	Enders	SS	2 + 1	6
2	<b>Thermodynamik der Phasengleichgewichte</b>	Türk	WS	2 + 1	6
3	<b>Kältetechnik B – Grundlagen der industriellen Gasgewinnung</b>	Grohmann	SS	2 + 1	6
4	<b>Angewandte Molekulare Thermodynamik</b>	Türk	SS	2 + 1	6
5	<b>Physical Foundations of Cryogenics (bisher Kryotechnik A)</b>	Grohmann	SS	2 + 1	6
6	<b>Grenzflächenthermodynamik</b>	Enders	SS	2 + 1	6
7	<b>Überkritische Fluide und deren Anwendungen</b>	Türk	WS	2 + 1	6
8	<b>Thermo- und Partikeldynamik disperser Systeme</b>	Türk	WS	2 + 1	6
9	<b>Thermische Trennverfahren II</b>	Kind	WS	2 + 1	6
10	<b>Vakuumtechnik I</b>	Day	WS	2 + 1	6
11	<b>Cryogenic Engineering (Bisher Kryotechnik B)</b>	Grohmann	WS	2 + 1	6
12	<b>Sol-Gel-Prozesse</b>	Müller	SS		
	- <i>Sol-Gel-Prozesse</i>			2 + 0	4
	- <i>Praktikum Sol-Gel-Prozesse</i>			0 + 1	2

### Kombinationen:

Mindestens 2 Module aus 1 - 5

### Prüfungsmodus:

Mündliche Prüfung der einzelnen Module

#### 4.10.1 Modul 6502 Thermische Trennverfahren II

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Thermische Verfahrenstechnik
- Technische Thermodynamik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Erarbeitung eines tiefen Prozessverständnisses am Beispiel der Rektifikation von Mehrkomponenten-Gemischen. Fähigkeit zur Übertragung dieses Verständnisses in ein numerisches Modell und zur Lösung dieses Modells. Verständnis der fluiddynamischen Vorgänge in Kolonnen.

##### **Inhalt**

Grundlagen der Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Prozesse am Beispiel der Rektifikation eines mehrkomponentigen Gemischs: Phasengleichgewicht, Fugazitätskoeffizient, Aktivitätskoeffizienten-Modelle; Flash-Rechnung; Gleichungssystem für die Simulation der kontinuierlichen Rektifikation von Mehrkomponenten-Gemischen; Lösung des Gleichungssystems für ein 3-komponentiges System nach der Methode von Thiele und Gaddes; Kennenlernen weiterer Lösungsmethoden; Grundlagen der fluiddynamischen Auslegung einer von Boden- und Füllkörperkolonnen.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Gmehling, J.; Kolbe, B.; Kleiber, M.; Rarey, J. R. Chemical thermodynamics; Wiley-VCH, 2012
- Schlünder, E.-U.; Thurner, F. Destillation, Absorption, Extraktion; Lehrbuch Chemie + Technik; Vieweg, 1995
- Stephan, P.; Mayinger, F.; Schaber, K.; Stephan, K. Thermodynamik. Band 2, 15th ed.; Springer, 2010
- VDI-GVC, Ed. VDI-Wärmeatlas, 11., bearb. und erw. Aufl.; VDI-Buch; Springer Vieweg: Berlin, 2013

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 70 h
- Prüfungsvorbereitung: 70 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO Master 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22812 – Thermische Trennverfahren II, Vorlesung 2 SWS
- 22813 – Übungen zu 22812, 1 SWS

## 4.10.2 Modul 6506 Statistische Thermodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Sabine Enders

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Technische Thermodynamik“

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Thermodynamik III

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien der statistischen Mechanik und erkennen Vor- und Nachteile bei der Anwendung in der Verfahrenstechnik.

**Inhalt**

Boltzmann-Methode, Gibbs-Methode, Reale Gase, Zustandsgleichungen, Polymere.

**Literatur/Lernmaterialien**

- J. Blahous, Statistische Thermodynamik, Hirzel Verlag Stuttgart, 2007.
- H.T. Davis, Statistical Mechanics of Phases, Interfaces, and Thin Films, Wiley-VCH, New York, 1996.
- G.G. Gray, K.E. Gubbins, Theory of Molecular Fluids Fundamentals. Clarendon, Press Oxford, 1984.
- J.P. Hansen, I.R. McDonald, Theory of Simple Liquids with Application to Soft Matter. Fourth Edition, Elsevier, Amsterdam, 2006.
- G.H. Findenegg, T. Hellweg, Statistische Thermodynamik, 2. Auflage, Springer Verlag, 2015.
- J.O. Hirschfelder, C.F. Curtis, R.B. Bird, Molecular Theory of Gases and Liquids. John-Wiley & Sons, New York, 1954.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

Vertiefungsfach: Technische Thermodynamik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

22010 - Vorlesung Statistische Thermodynamik, 2 SWS

22011 – Übung Statistische Thermodynamik, 1 SWS

### 4.10.3 Modul 6507 Thermodynamik der Phasengleichgewichte

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Thermodynamik
- Thermische Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Inhalt**

Allgemeine Grundlagen, chemischen Potential, partielle molare Größen, Mischungs- und Exzessgrößen, Zustandsgleichungen, reine Gase und Gasgemische, Berechnung von Fugazitäten und -koeffizienten, reine Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemische, Berechnung von Fugazitäten und Aktivitäten; Raoult'sches Gesetz, Henry'sches Gesetz, Berechnung binärer und ternärer Phasengleichgewichte, Phasengleichgewichte von Polymerlösungen

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22016 – Thermodynamik der Phasengleichgewichte



#### 4.10.4 Modul 6511 Angewandte Molekulare Thermodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Thermodynamik
- Thermische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Allgemeine Grundlagen, Zwischenmolekulare Wechselwirkung, Virialkoeffizienten, Potentialfunktionen, Zustandsgleichung für reale Gase; Stoßprozess, Ablenkwinkel und Stoßintegrale, Transportkoeffizienten für ein- und mehratomige Gase, Transportkoeffizienten in binären Gasgemischen, Druckabhängigkeit der Transportkoeffizienten; Berechnung thermodynamischer Zustandsgrößen mittels der statistischen Thermodynamik.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22019 – Angewandte Molekulare Thermodynamik

#### 4.10.5 Modul 6605 Sol-Gel-Prozesse mit Praktikum

zugeordnet zu: 6900 Technische Thermodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Steffen Peter Müller

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Verfahrenstechnik
- Produktgestaltung
- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Technische Thermodynamik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind befähigt das komplette Verfahren, ausgehend von der chemischen Sol-Bildung (Sol = Dispersionskolloid) bis hin zum fertigen Produkt, wie etwa einer Keramik, zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind befähigt die einzelnen Schritte bis dorthin kritisch zu beurteilen und zu bewerten.

##### **Inhalt**

Herstellung von funktionalen Materialien durch Sol-Gel-Prozesse; Sol-Bildung: Hydrolyse und Kondensation; Vernetzung, Gelierung und Alterung; Deformation und Fließen von Gelen; Trocknung und Rissbildung; Struktur von Aero- und Xerogelen; Oberflächenchemie und Modifikation; Sinterung; Anwendungen: Pulver, Keramiken, Gläser, Filme, Membranen.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 22,5 h
- Praktikum: 11,5 h, 4 Versuche
- Selbststudium: 16 h
- Prüfungsvorbereitung: 130 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

Vertiefungsfach: Technische Thermodynamik

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22110 – Sol-Gel-Prozesse
- 22111 – Praktikum zu 22110

### **Allgemeine Hinweise**

Das Modul kann im Vertiefungsfach Chemische Verfahrenstechnik auch ohne Praktikum gewählt werden, Umfang 4 LP.

#### 4.10.6 Modul 6901 Kältetechnik B - Grundlagen der industriellen Gasgewinnung

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Grohmann

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Technische Thermodynamik“

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Verstehen der Prinzipien unterschiedlicher Verfahren zur Gasverflüssigung und zur Gaszerlegung; Analysieren von Prozessen zur Ermittlung der Ursachen des Energiebedarfs; Anwenden von Prinzipien der Gemisch-Thermodynamik und Analysieren der Zustände von Stoffströmen in Rektifikationskolonnen; Beurteilen des Potenzials von technischen Lösungsansätzen aus Sicht der Thermodynamik

##### **Inhalt**

Verfahren der Gasverflüssigung, Prozessanalyse, Refrigeratoren und Gemischkälteanlagen, Gaszerlegung durch Tieftemperaturrektifikation, Luftzerlegung und Gewinnung von Edelgasen, Aufbereitung und Zerlegung von Erdgas, Gewinnung von Ethylen, Verarbeitung H<sub>2</sub>-reicher Gasgemische, Lagerung und Transport verflüssigter Gase.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 90 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22014 – Kältetechnik B
- 22015 – Übungen zu 22014

#### 4.10.7 Modul 6902 Physical Foundations of Cryogenics

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Grohmann

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Technische Thermodynamik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Verstehen der Mechanismen der Entropieerzeugung und des Zusammenwirkens von erstem und zweitem Hauptsatz in thermo-dynamischen Prozessen; Verstehen von Festkörpereigenschaften bei kryogenen Temperaturen; Anwenden, Analysieren und Beurteilen von Realgasmodellen für klassisches Helium I; Verstehen der Quantenfluid-Eigenschaften von Helium II auf Basis der Bose-Einstein-Kondensation; Verstehen der Funktion von Kühlmethoden bei tiefsten Temperaturen.

##### **Inhalt**

Beziehung zwischen Energie und Temperatur, Energietransformation auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene, physikalische Definition von Entropie und Temperatur, thermodynamische Gleichgewichte, Reversibilität thermodynamischer Prozesse, Helium als klassisches Fluid und als Quantenfluid, Materialeigenschaften bei tiefen Temperaturen, Kühlverfahren bei Temperaturen unter 1 K.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Schroeder, D.V.: An introduction to thermal physics. Addison Wesley Longman (2000)
- Pobell, F.: Matter and methods at low temperatures. 3rd Edition, Springer (2007)

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 90 h

Vertiefungsfach: Technische Thermodynamik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22030 – Physical Foundations of Cryogenics (ehemals Kryotechnik A)
- 22031 – Übungen zu 22030 Kryotechnik A

### **Allgemeine Hinweise**

Die Prüfung kann wahlweise auf Deutsch oder Englisch durchgeführt werden.

#### 4.10.8 Modul 6903 Cryogenic Engineering

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Grohmann

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Technische Thermodynamik“

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Verstehen der Funktion und Modellierung regenerativer Kryokühler; Verstehen und Anwenden der wichtigsten verfahrenstechnischen Methoden und Komponenten zur Konzeption und Auslegung von Tief-temperaturanlagen und Kryostatsystemen; Verstehen von Prinzipien der Labormesstechnik, Beurteilen und Anwenden von Sensoren und Messgeräten für kryotechnische Messaufgaben und Analysieren von Messunsicherheiten.

##### **Inhalt**

Kryotechnische Anwendungen; Regenerative Kälteerzeugung mit Kryokühlern; Grundlegende Aspekte der Konzeption von Tieftemperaturanlagen und Kryostaten, einschließlich Fluidmechanik und Wärmeübertragung, thermische Kontaktierung und thermische Isolation, kryogenes Pumpen von Gasen, Regularien und Konstruktionselemente für Kryostate sowie deren Sicherheit; Allgemeine Grundlagen der Messtechnik und der Messunsicherheit sowie kryogene Temperatur-, Druck- und Durchflussmessung.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 90 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22053 – Cryogenic Engineering (ehemals Kryotechnik B)
- 22054 – Übungen zu Cryogenic Engineering

##### **Allgemeine Hinweise**

Die Prüfung kann wahlweise auf Deutsch oder Englisch durchgeführt werden.

#### 4.10.9 Modul 6904 Grenzflächenthermodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Sabine Enders

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Technische Thermodynamik“.

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Thermodynamik III, Programmierkenntnisse

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind vertraut mit Besonderheiten von fluid-fluid und von fluid-solid Grenzflächeneigenschaften. Sie sind in der Lage die Grenzflächeneigenschaften (Grenzflächenspannung, Dichte- und Konzentrationsprofile, Adsorptionsisotherme) mit makroskopischen und ortsaufgelösten Methoden zu berechnen.

#### **Inhalt**

Gibbs-Methode, Dichtefunktionaltheorie, experimentelle Methoden zur Charakterisierung von Grenzflächen, Adsorption

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- H. T. Davis , Statistical Mechanics of Phases, Interfaces and Thin Films, Wiley-VCH Verlag, 1995.
- J.P. Hansen, I.R. McDonald, Theory of simple liquids, Elsevier, 2014

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 30h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

Integrierte Lehrveranstaltung



#### 4.10.10 Modul 6905 Überkritische Fluide und deren Anwendungen

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Technische Thermodynamik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Allgemeine Grundlagen, Darstellung thermodynamischer Eigenschaften, reine überkritische Fluide, binäre und ternäre Systeme inkl. Polymerlösungen, Überkritische Fluide als Lösungs-, Separations- und Reaktionsmedium, Herstellung von organischen, anorganischen metalloxidischen Nanopartikeln, Eigenschaften von Polymerlösungen, Wirtschaftliche Aspekte von Hochdruckprozessen.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22021 – Überkritische Fluide und deren Anwendungen

#### 4.10.11 Modul 6906 Vakuumtechnik I

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Christian Day

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Technische Thermodynamik“

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden besitzen ein Verständnis der grundlegenden physikalischen Zusammenhänge in der Vakuumwissenschaft und die Fähigkeit ein komplexes Vakuumsystem richtig und spezifikationsgerecht auszulegen.

#### **Inhalt**

Grundlegende Begriffe; Vakuumpumpen; Praktische Vakuumlimits; Ausgasung und deren Minimierung; Sauberkeitsanforderungen; Vakuuminstrumente, Totaldruckmessung; Restgasanalyse; Lecksuche; Vakuumströmung; Auslegung von Vakuumsystemen; Technische Spezifikationen, Qualität; Beispiele großer Vakuumsysteme; Industrielle Anwendungen in der Verfahrenstechnik.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

K. Jousten (Ed.) - Wutz Handbuch Vakuumtechnik, 11. Auflage, Springer, 2013.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22033 - Übung zu Vakuumtechnik
- 22034 – Vakuumtechnik

#### 4.10.12 Modul Thermo- und Partikeldynamik disperser Systeme

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach

- Technische Thermodynamik

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden entwickeln ein tieferes Verständnis für die Entstehung, das Wachstum und das Verhalten von Partikeln und Partikelsystemen. Sie können den Zusammenhang zwischen Prozessparametern und erzielten Produkteigenschaften erläutern und kennen Messmethoden, um diese zu charakterisieren

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Voraussetzungen: keine; Empfehlungen: Grundlagen der Mechanischen Verfahrenstechnik, Chemische Thermodynamik (Thermodynamik III)

##### **Inhalt**

Thermodynamik der Grenzflächen; Spontane Phasenübergänge; Metastabile Phasen; Homogene und heterogene Keimbildung; Wachstum disperser Phasen; Erzeugung von Nanopartikeln in der Gasphase, Agglomerationsdynamik und Strukturbildung, Stabilisierung von Nanopartikeln

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Friedlander, S.K.F.: Smoke, Dust and Haze – Fundamentals of Aerosol Dynamics, (2nd Ed.) Oxford Univ. Press, New York Oxford 2000
- Debenedetti, P.G. : Metastable Liquids - Concepts and Principles, Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey 1996

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22022 – Partikel- und Thermodynamik disperser Systeme - Vorlesung und Übung

## 4.11 Fach 7000 Lebensmittelverfahrenstechnik

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Das Modul "Ausgewählte Formulierungstechnologien" muss bestanden sein.

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Lebensmittelverfahrenstechnik</b>	Karbstein	WS/SS	5 + 0	10
2	<b>Lebensmittelverfahrenstechnisches Praktikum</b>		WS/SS	1 + 0	2
	<b>Eine</b> der folgenden Lehrveranstaltungen muss gewählt werden:				
	- <i>Praktikum Lebensmittelextrusion</i>	Emin			
	- <i>Einführung in die Sensorik mit Praktikum</i>	Eckert			
	- <i>Seminar Lebensmittelverarbeitung in der Praxis mit Exkursion</i>	Schmidt			
3	<b>Lebensmittelkunde und –funktionalität</b>	Watzl	WS	2 + 0	4
4	<b>Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis</b>	Karbstein	SS	2 + 0	4
5	<b>Microbiology for Engineers</b>	Schwartz	SS	2 + 0	4
6	<b>Grundlagen der Lebensmittelchemie</b>	Bunzel	SS	2 + 0	4
7	<b>Einführung in die Agglomerationstechnik</b>	Anlauf	WS	2 + 0	4
8	<b>Ernährungsphysiologische Konsequenzen der Lebensmittelverarbeitung</b>	Briviba	WS	2 + 0	4
9	<b>Water Technology</b>	Horn	WS	2 + 1	6
10	<b>Membrane Technologies and Excursions</b>				6
	• <i>Membrane Technologies in Water Treatment</i>	Horn, Saravia	SS* SS	2 + 0 1 + 0	
	• <i>Excursions: Waste Water Disposal and Drinking Water Supply</i>	Horn, Abbt-Braun			
11	<b>Trocknungstechnik – dünne Schichten und poröse Stoffe</b>	Schabel	SS	2 + 1	6

### Kombinationen:

- Modul 1 = Pflichtmodul
- Modul 5 darf nur von Studierenden im Studiengang Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik gewählt werden

### Prüfungsmodus:

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

### Hinweis:

\* Die Vorlesung "Membrane Technologies in Water Treatment" wurde zum Wintersemester 17/18 letztmalig im WS und wird ab dem Sommersemester 19 im SS angeboten.

#### 4.11.1 Modul 6107 Einführung in die Agglomerationstechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Produktgestaltung

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalische Prinzipien der Agglomeration von Partikeln erläutern und nicht nur den dazu geeigneten Verfahren zuordnen, sondern auch ausgewählten Apparaten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern herzustellen und auf verschiedene Agglomerationsverfahren anzuwenden. Sie können Agglomerationsaufgaben mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben. Auf der Basis des Gelernten können die Studierenden beurteilen, ob und gegebenenfalls in welcher Form ein erfolversprechender Agglomerationsprozess gestaltet werden kann.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

Anlauf: Skriptum „Einführung in die Agglomerationstechnik“

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h (Vorlesung 2 SWS)
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO 2016

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22935 - Einführung in die Agglomerationstechnik

#### 4.11.2 Modul 6112 Trocknungstechnik - dünne Schichten und poröse Stoffe

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. h. c. Wilhelm Schabel

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Thermische Verfahrenstechnik
- Angewandte Rheologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage Anforderungen an ein geeignetes Trocknungsverfahren zu identifizieren. Sie haben einen Überblick über den Stand der Wissenschaft und Technik und sind in der Lage ein solches Verfahren auszulegen, zu bewerten und auszuwählen. Das Qualifikationsziel ist es eine methodische Vorgehensweise zu erlernen, um die grundlegenden Erkenntnisse auf neue Prozesse und Apparate zu übertragen.

##### **Inhalt**

Einführung und industrielle Anwendungen zur Trocknungstechnik; Trocknungsverfahren und Modellbildung; Modellierung der Wärme- Stoffübertragung bei der Trocknung; Bestimmung von Materialeigenschaften, Feuchteleitung, Sorption, Diffusion; Trocknungsverlaufskurve, Trocknungsabschnitte; Anwendung der Grundlagen auf die Trocknung dünner Schichten und poröser Stoffe; Prinzipien der Sprüh-, Wirbelschicht-, Mikrowellen-, Infrarot- und Gefriertrocknung.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 - 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22811 – Trocknungstechnik - poröse Stoffe und dünne Schichten, Vorlesung, 2 SWS
- Übung und Beispiele zu 22811, 1 SWS

### 4.11.3 Modul 6401 Water Technology

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht im Vertiefungsfach „Wassertechnologie“

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind mit den Grundlagen der Wasserchemie hinsichtlich Art und Menge der Wasserinhaltsstoffe vertraut und können deren Wechselwirkungen und Reaktionen in aquatischen Systemen erläutern. Die Studierenden erhalten Kenntnisse zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Prozessen der Trinkwasseraufbereitung. Sie sind in der Lage Berechnungen durchzuführen, die Ergebnisse zu vergleichen und zu interpretieren. Sie sind fähig methodische Hilfsmittel zu gebrauchen, die Zusammenhänge zu analysieren und die unterschiedlichen Verfahren kritisch zu beurteilen.

**Inhalt**

Wasserkreislauf, Nutzung, physikalisch-chemische Eigenschaften, Wasser als Lösemittel, Härte des Wassers, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht; Wasseraufbereitung (Siebung, Sedimentation, Flotation, Filtration, Flockung, Adsorption, Ionenaustausch, Gasaustausch, Entsäuerung, Enthärtung, Oxidation, Desinfektion); Anwendungsbeispiele, Berechnungen.

**Literatur/Lernmaterialien**

- Crittenden J. C. et al. (2005): Water Treatment, Principles and Design. Wiley & Sons, Hoboken.
- DVGW-Handbuch (2004): Wasseraufbereitung-Grundlagen und Verfahren, Oldenbourg, München.
- Vorlesungsskript (ILIAS Studierendenportal), Praktikumsskript.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 75 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22621 – Water Technology
- 22622 – Exercises to Water Technology



#### 4.11.4 Modul 6602 Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Heike P. Karbstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Produktgestaltung
- Lebensmittelverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die wesentlichen Prinzipien der Produktgestaltung darlegen und anhand unterschiedlicher Beispiele aus der Praxis anwenden. Die Studierenden können für ausgewählte Produkte beurteilen, welche physikalischen und chemischen Eigenschaften oder Strukturen für die Gestaltung von Produkteigenschaften relevant sind. Auf dieser Grundlage können sie geeignete Herstellungsverfahren und –anlagen auswählen und wissen, welche Prozessparameter wie zu variieren sind, um das Verfahren an die Qualitätsanforderungen der Produkte anpassen. Bei den Auswahlkriterien können sie ausgewählte wirtschaftliche Aspekte mit einbeziehen.

##### **Inhalt**

Anhand von ausgewählten Konsumprodukten geben verschiedene **Dozenten** Beispiele, wie im industriellen Alltag Produkte gestaltet werden und was dabei zu beachten ist. Auch Aspekte außerhalb der reinen Verfahrenstechnik, wie beispielsweise zugrunde liegende Kostenkalkulationen oder Marketingüberlegungen werden diskutiert. Die **Dozenten** kommen entweder direkt aus der Industrie oder berichten von einer Produktentwicklung, die sie in Ihrer Berufszeit in der Industrie selber begleitet haben. Zu Beginn der Reihe wird in einer Einführungsvorlesung das allen Teilbeiträgen zugrunde liegende Ziel und spätere Prüfungsinhalte erläutert.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Vorlesungsbegleitende Unterlagen werden durch jeweilige **Dozenten** bereitgestellt
- Product Design and Engineering – Best Practices (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2007; Vol. 1: Basics and Technologies; Vol. 2: Rawmaterials, Additives and Applications
- Product Design and Engineering – Formulation of Gels and Pastes (Ed. U. Bröckel, W. Meier, G. Wagner); Wiley VCH; Weinheim 2013

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 30 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 15 - 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22215 - Produktgestaltung: Beispiele aus der Praxis; Vorlesung 2 SWS

#### 4.11.5 Modul 6603 Lebensmittelverfahrenstechnik

**Leistungspunkte:** 10.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 5,0 Std.

**Moduldauer:** 2 Semester      **Modulturnus:** jährlich, WS/SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. - Ing. Heike P. Karbstein

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

- Pflicht im Vertiefungsfach "Lebensmittelverfahrenstechnik"
- Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Produktgestaltung"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Inhalte des Moduls „Ausgewählte Formulierungstechnologien“ werden vorausgesetzt

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können konventionelle Verfahrensketten zur Herstellung unterschiedlicher, auch komplex aufgebauter, Lebensmittel erläutern. Sie kennen die relevanten Grundoperationen und deren konventionellen Umsetzungskonzepte sowie innovative Ansätze. Diese Prozessschritte können die Studierenden prinzipiell auslegen. Sie identifizieren Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und qualitätsbestimmenden Eigenschaften von Lebensmitteln. Auch sind sie in der Lage, Prozesswissen zwischen einzelnen Produktgruppen zu übertragen. Sie kennen wesentliche Aspekte, die zur energetischen Beurteilung der einzelnen Prozessschritte und –ketten herangezogen werden müssen. Die Studierenden können Prinzipien der Produktgestaltung anwenden. Das beinhaltet das Identifizieren der Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und der Struktur eines Lebensmittels (Prozessfunktion) sowie zwischen der Struktur und den Eigenschaften (Eigenschaftsfunktion). Darauf aufbauend sind sie in der Lage, Problemstellungen aus dem Bereich der Lebensmittelverfahrenstechnik mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren und zu lösen. Die Studierenden können damit ein Verfahren im Hinblick auf die Eignung für Verarbeitungsschritte im Lebensmittelbereich beurteilen und dabei Aspekte wie Nachhaltigkeit, Energieeffizienz, Lebensmittelsicherheit oder zu erwartende Produktqualität in die Betrachtungen mit einbeziehen.

##### **Inhalt**

Prozessketten zur Herstellung der wichtigsten Lebensmittel wie Milch und Milchprodukte, Fleisch und Fleischprodukte, Nahrungsöle, Margarine und Streichfette, Getreideerzeugnisse, Obst & Gemüse und Folgeprodukte, Zucker, Schokolade, Kaffee, Bier, Wein, Branntwein: Grundlagen der Verfahren, energetische Aspekte und rohstoffbezogene Spezifika, innovative Verfahrensansätze; wichtige Parameter zur Qualitätseinstellung.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- H.P. Schuchmann und H. Schuchmann: Lebensmittelverfahrenstechnik: Rohstoffe, Prozesse, Produkte; Wiley VCH, 2005; ISBN: 978-3-527-66054-4 (auch als ebook)
- H.G. Kessler: Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik – Molkereitechnologie, Verlag A. Kessler, 1996, ISBN 3-9802378-4-2
- H.G. Kessler: Food and Bio Process Engineering - Dairy Technology, Publishing House A. Kessler, 2002, ISBN 3-9802378-5-0

- M. Loncin: Die Grundlagen der Verfahrenstechnik in der Lebensmittelindustrie; Aarau Verlag, 1969, ISBN 978-3794107209

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 75 h
- Selbststudium: 150 h
- Prüfungsvorbereitung: 75 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 40 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22210 - Lebensmittelverfahrenstechnik, Vorlesung, 5 SWS (3 SWS im SS, 2 SWS im WS; es kann sowohl im SS als auch im WS begonnen werden)

#### 4.11.6 Modul 6604 Lebensmittelkunde und -funktionalität

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Bernhard Watzl

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Produktgestaltung

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage auf Nährstoffbasis eine gesundheitliche Bewertung von Lebensmitteln bzw. Ernährungsweisen durchzuführen.

#### **Inhalt**

Bedeutung der Ernährung für die Gesundheit. Im Mittelpunkt stehen Makro- und Mikronährstoffe (Kohlenhydrate, Proteine, Fette, Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente, Ballaststoffe, sekundäre Pflanzenstoffe) sowie deren Bedeutung im Stoffwechsel des Menschen. Es werden die wesentlichen Lebensmittelgruppen (pflanzlich, tierisch) für die Nährstoffzufuhr vorgestellt. Darüber hinaus werden funktionelle Aspekte der Lebensmittel sowie einzelner Inhaltsstoffe (z. B. Senkung des Cholesterinspiegels, Stimulation des Immunsystems, Modulation von Krankheitsrisiken) behandelt.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22207 - Lebensmittelkunde und -funktionalität

#### 4.11.7 Modul 7001 Lebensmittelverfahrenstechnisches Praktikum

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** Jährlich

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Ulrike van der Schaaf , M. Azad Emin

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Lebensmittelverfahrenstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Folgende Inhalte werden vorausgesetzt:

Für das Praktikum Lebensmittelextrusion: Teilnahme an der Vorlesung „22246 - Extrusionstechnik“

Für die Einführung in die Sensorik mit Praktikum: Teilnahme an der Vorlesung „22209 - Hilfs- und Effektstoffe“

Für das Seminar Lebensmittelverarbeitung in der Praxis mit Exkursion: Teilnahme an den Vorlesungen „22226- Trocknen von Dispersionen“ und „22229 – Emulgieren und Dispergieren“.

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können ihr bisher erworbenes Wissen bezüglich der Herstellung und Charakterisierung von Lebensmitteln auf praxisrelevante Verfahren übertragen und diese Verfahren evaluieren. Außerdem sind die Studierenden in der Lage komplexe Fragestellungen zur Herstellung und Bewertung von Lebensmitteln aus der beruflichen Praxis in Kleingruppen zu bearbeiten und zu diskutieren und die Ergebnisse ihrer Arbeit einem Fachpublikum verständlich vorzustellen.

##### **Inhalt**

Es steht eine der folgenden Veranstaltungen zur Auswahl:

- Praktikum Lebensmittelextrusion

Im Rahmen eines Praktikums wird Grundlagenwissen zum Herstellen von Extrudaten vermittelt und in Form von selbst herzustellenden und zu beurteilenden Produkten direkt umgesetzt. Die Analyse, Auswertung und Interpretation der experimentellen Ergebnisse werden in Kleingruppen durchgeführt und im Plenum vorgestellt.

- Einführung in die Sensorik mit Praktikum

Sinnesphysiologische Grundlagen: einzelne Sinne, Grundgeschmacksrichtungen, Vereinheitlichung und Normung, Anforderungen an Prüfraum und Prüfer, Prüferschulung, Methoden der sensorischen Analyse: Unterschiedsprüfungen, Dreiecksprüfung, Duo-Trio-Prüfung, beschreibende Prüfungen, bewertende Prüfung mit Skale u.a.

- Seminar Lebensmittelverarbeitung in der Praxis mit Exkursion

Anhand ausgewählter Herstellprozesse werden aktuelle Fragestellungen bei der industriellen Herstellung den Lebensmittelprodukten in Kleingruppen erarbeitet und im Plenum diskutiert. Begleitet wird das Seminar durch eine Exkursion zu entsprechenden lebensmittelverarbeitenden Betrieben.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 15 h
- Prüfungsvorbereitung: 15 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

Eine der folgenden drei Lehrveranstaltungen:

- 6630 - Einführung in die Sensorik mit Übungen (WS)
- 22248 - Seminar Lebensmittelverarbeitung in der Praxis, inkl. Exkursion (WS)
- 22247 - Praktikum zu 2246 Extrusionstechnik

#### **Allgemeine Hinweise**

Die Teilnehmerzahl ist begrenzt auf 20 Personen pro Veranstaltung.

Die Termine werden bekannt gegeben.

#### 4.11.8 Modul 7002 Microbiology for Engineers

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Thomas Schwartz

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Wassertechnologie

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, mikrobielle Prozesse in technischen und Umwelt-relevanten Bereichen zu verstehen und einzuordnen. Zudem können sie die Grundlagen von mikrobiell gesteuerten Stoffkreisläufen in technischen Prozessen beschreiben. Weiterhin sind sie mit den Anpassungsmöglichkeiten von Mikroorganismen an extreme Umweltbedingungen vertraut und können mit den Begriffen: Symbiose, Kommensalismus und Pathogenität umgehen bzw. mikrobielle Verhaltensstrukturen in ihrem jeweiligen Habitat ableiten.

##### **Inhalt**

Die Vorlesung soll Ingenieure aus dem Bereich Chemieingenieurwesen, Verfahrenstechnik und Bau-, Geo-, Umwelt mit den Prinzipien der Mikrobiologie und deren technischer Anwendung vertraut machen. Hierzu werden Schwerpunkte wie Aufbau und Rolle von Mikroorganismen, Wechselwirkungen mit globalen Stoffkreisläufen und anderen Organismen, der mikrobielle Einfluss auf Energie und Korrosion sowie die Bekämpfung von Mikroorganismen herausgegriffen und anhand angewandter Beispiele erläutert. Ergänzt werden die Schwerpunkte durch Exkurse über Grundlagen wie Stoffwechsel und Genetik, die entsprechend angewandt aufbereitet werden. Die Kenntnisvermittlung von technisch relevanten biochemischen und molekularbiologischen Besonderheiten soll zum Verständnis der mikrobiologischen Grundlagen ökologischer, bio- und umwelttechnischer Prozesse beitragen. Fragen, die angesprochen werden, sind „Was sind Mikroorganismen, wie funktionieren sie und wie ist ihre Lebensweise?“, „Welche Rolle spielen Mikroorganismen in Stoffkreisläufen und wie ist ihr Beitrag zur Energieversorgung?“ und andere wichtige Fragen mehr.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h



Vertiefungsfach: Lebensmittelverfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 45 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

Im Fall einer Gesamtprüfung im Vertiefungsfach Lebensmittelverfahrenstechnik beträgt die Prüfungsdauer ca. 20 Minuten.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22933 – Mikrobiology for Engineers

#### 4.11.9 Modul 7003 Grundlagen der Lebensmittelchemie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Mirko Bunzel

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Lebensmittelverfahrenstechnik"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden

- kennen grundlegende Begriffe der Lebensmittelchemie und der Lebensmittelanalytik und können diese in schriftlicher und mündlicher Form einsetzen
- können die wichtigsten Komponenten von Lebensmitteln chemisch beschreiben, ihre Bedeutung in Lebensmitteln benennen und grundlegende Reaktionen während der Lagerung, Verarbeitung etc. vorhersagen

#### **Inhalt**

Das Modul vermittelt Grundwissen über Proteine, Kohlenhydrate und Lipide als Hauptbestandteile von Lebensmitteln. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Beschreibung ihrer chemischen Struktur, ihren Eigenschaften und möglichen Reaktionen im Lebensmittel. Die sich in diesem Zusammenhang ergebenden ernährungsphysiologischen, toxikologischen, warenkundlichen und analytischen Aspekte werden diskutiert

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 hS
- Prüfungsvorbereitung: 45

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 6601 – Grundlagen der Lebensmittelchemie für Studierende der Lebensmittelchemie und des Chemieingenieurwesens

#### 4.11.10 Modul 7006 Ernährungsphysiologische Konsequenzen der Lebensmittelverarbeitung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** Jedes Wintersemester.

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

PD Dr. Karlis Briviba

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im den Vertiefungsfach Lebensmittelverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden haben eine Übersicht über den Einfluss von einer Reihe der konventionellen und modernen Lebensmittelverarbeitungsverfahren auf die Lebensmittelinhaltsstoffen und Bildung von Produkten mit unerwünschten gesundheitlichen Eigenschaften. Sie können die Wirkung der verschiedenen Verarbeitungsmethoden vergleichen und resultierenden ernährungsphysiologischen/gesundheitlichen Konsequenzen einschätzen

**Inhalt**

Inhalt der Vorlesung ist der Einfluss von konventionellen und modernen Verfahren der Lebensmittelverarbeitung (thermische, Ultrahochdruck, Ultraviolett-C (200-280nm), Ultraschall,..) auf chemische, physikalische und ernährungsphysiologische Eigenschaften von Makro- (Proteine, Kohlenhydrate, Fette) und Mikronährstoffen (Vitamine, bioaktive sekundäre Pflanzenstoffe, Mineralstoffe) in verschiedenen Lebensmitteln. Besonders wird der Abbau von essentiellen Nährstoffen (Aminosäuren, Fettsäuren, Vitaminen) und die Bildung von Produkten mit unerwünschten gesundheitlichen Eigenschaften analysiert. Auch die Wirkung der Verarbeitung auf die Bioverfügbarkeit der Inhaltsstoffe und daraus resultierenden ernährungsphysiologischen/gesundheitlichen Konsequenzen werden dargestellt.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22225 – Ernährungsphysiologische Konsequenzen der Lebensmittelverarbeitung

#### 4.11.11 Modul 7004 Membrane Technologies and Excursions

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** Jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch/ Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn; Dr. Florencia Saravia; Dr. Gudrun Abbt-Braun

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Wassertechnologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse der Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, gängige Membranverfahren (Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse) und deren verschiedene Anwendungen. Sie sind in der Lage solche Anlagen auszulegen.

##### **Inhalt**

Das Lösungs-Diffusions-Modell. Die Konzentrationspolarisation und die Konsequenzen für die Membranmodulauslegung. Membranherstellung und Membraneigenschaften. Membrankonfiguration und Membranmodule. Membrananlagen zur Meerwasserentsalzung und zur Brackwasserbehandlung. Membranbioreaktoren zur Abwasserbehandlung. Biofouling, Scaling und Vermeidungsstrategien für beides.

Einführung und Exkursionen: Abwasserentsorgung und Trinkwasserversorgung, Exkursionen zu kommunalen Kläranlagen und zu Wasserwerken

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Melin, T. Rautenbach, R. (2007): Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Mulder, Marcel H. (2000): Basic principles of membrane technology“, Kluwer Academic, Dordrecht.
- Schäfer, A. I. (2005): Nanofiltration: Principles and Applications. Elsevier, Oxford.
- Staude, E. (1992): Membranen und Membranprozesse, Verlag Chemie, Weinheim.
- Vorlesungsunterlagen in ILIAS

---

\* Die Vorlesung “Membrane Technologies in Water Treatment” wurde zum Wintersemester 17/18 letztmalig im WS und wird ab dem Sommersemester 19 im SS angeboten.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 55 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 65 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Die Erfolgskontrolle besteht aus:

- Mündliche Prüfung im Umfang von 30 min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO
- Prüfungsvorleistung: Teilnahme an den Exkursionen mit Anfertigung eines Exkursionsprotokolls im Umfang von maximal 5 Seiten; Studienleistung nach § 4 Abs. 3 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22605 – Membrane Technologies in Water Treatment, S (ab SS 19)
- 22609 – Waste Water Disposal and Drinking Water Supply - Introduction and Excursions, SS

## 4.12 Fach 7100 Wassertechnologie

**Sprache:** Englisch, Deutsch**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS / SS	V + Ü	LP
1	<b>Water Technology</b>	Horn	WS	2 + 1	6
2	<b>Wasserbeurteilung</b> - <i>Naturwissenschaftliche Grundlagen der Wasserbeurteilung</i>	Abbt-Braun	WS	2 + 1	6
3	<b>Process Engineering in Wastewater Treatment</b> - <i>Municipal Wastewater Treatment</i> - <i>International Sanitary Engineering</i>	Morck	WS	2 + 2	6
4	<b>Membrane Technologies and Excursions</b> - <i>Membrane Technologies in Water Treatment</i> - <i>Excursions: Waste Water Disposal and Drinking Water Supply</i>	Horn, Saravia	SS*	2 + 0	6
5	<b>Praktikum Wassertechnologie und Wasserbeurteilung</b>	Horn, Abbt-Braun	SS	1 + 0	4
6	<b>Struktur und Reaktionen aquatischer Huminstoffe</b>	Horn, Abbt-Braun	WS, SS	2 P	4
7	<b>Microbiology for Engineers</b>	Abbt-Braun	SS	1 + 0	2
8	<b>Biofilm Systems</b>	Schwartz	SS	2 + 0	4
9	<b>Environmental Biotechnology</b>	Horn, Gescher, Hille-Reichel, Wagner	SS	2 + 0	4
10	<b>Instrumentelle Analytik</b>	Tiehm	WS	2 + 0	4
		Guthausen	SS	2 + 0	4

**Kombinationen:**

- Modul 1 = Pflichtmodul
- Module 2, 3, 4: es muss ein Modul aus 2, 3 oder 4 ausgewählt werden
- Modul 2: Wird nicht empfohlen nach Ablegen des Profulfachs "Wasserqualität und Verfahrenstechnik"
- Modul 5 bis 10: Auswahlliste, wählbar mindestens ein Modul im Umfang von 4 LP

**Prüfungsmodus:**

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

**Hinweis:**

\* Die Vorlesung "Membrane Technologies in Water Treatment" wurde zum Wintersemester 17/18 letztmalig im WS und wird ab dem Sommersemester 19 im SS angeboten.

## 4.12.1 Modul 6308 Instrumentelle Analytik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch oder englisch bei Bedarf.

### **Modulverantwortlicher**

Dr. Gisela Guthausen

### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Wassertechnologie

### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

### **Qualifikationsziele**

Am Ende der Lehrveranstaltung sollen die Studierenden befähigt sein, die verschiedenen Verfahren zu beschreiben und kritisch zu vergleichen. Der Einsatz der Verfahren zur Beantwortung einer konkreten Fragestellung kann vergleichend kritisch abgewogen und beurteilt werden.

### **Inhalt**

Einführung in ausgewählte Methoden der instrumentellen Analytik wie beispielsweise optische Methoden und magnetische Resonanzverfahren. Analytik über bildgebende Verfahren wie die MRI,  $\mu$ CT und optische Mikroskopie (CLSM und OCT) und Grundlagen der Daten- und Bildanalyse werden vorgestellt. Der Fokus liegt dabei auf einer anschaulichen Darstellung der physikalisch-chemischen Grundlagen und den zugrundeliegenden Prinzipien sowie der Anwendungsfelder.

### **Literatur/Lernmaterialien**

Hinweise werden im jeweiligen Kontext in der Vorlesung angegeben.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

22942 – Instrumentelle Analytik, Vorlesung 2 SWS

## 4.12.2 Modul 6401 Water Technology

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht im Vertiefungsfach „Wassertechnologie“

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind mit den Grundlagen der Wasserchemie hinsichtlich Art und Menge der Wasserinhaltsstoffe vertraut und können deren Wechselwirkungen und Reaktionen in aquatischen Systemen erläutern. Die Studierenden erhalten Kenntnisse zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Prozessen der Trinkwasser-aufbereitung. Sie sind in der Lage Berechnungen durchzuführen, die Ergebnisse zu vergleichen und zu interpretieren. Sie sind fähig methodische Hilfsmittel zu gebrauchen, die Zusammenhänge zu analysieren und die unterschiedlichen Verfahren kritisch zu beurteilen.

**Inhalt**

Wasserkreislauf, Nutzung, physikalisch-chemische Eigenschaften, Wasser als Lösemittel, Härte des Wassers, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht; Wasseraufbereitung (Siebung, Sedimentation, Flotation, Filtration, Flockung, Adsorption, Ionenaustausch, Gasaustausch, Entsäuerung, Enthärtung, Oxidation, Desinfektion); Anwendungsbeispiele, Berechnungen.

**Literatur/Lernmaterialien**

- Crittenden J. C. et al. (2005): Water Treatment, Principles and Design. Wiley & Sons, Hoboken.
- DVGW-Handbuch (2004): Wasseraufbereitung-Grundlagen und Verfahren, Oldenbourg, München.
- Vorlesungsskript (ILIAS Studierendenportal), Praktikumsskript.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 75 h



Vertiefungsfach: Wassertechnologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22621 – Water Technology
- 22622 – Exercises to Water Technology

### 4.12.3 Modul 6403 Process Engineering in Wastewater Treatment

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Tobias Morck

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Wassertechnologie
- Umweltschutzverfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine.

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden verfügen über das Wissen typischer Verfahrenstechniken der Abwasserreinigung im In- und Ausland. Sie sind in der Lage, diese technisch zu beurteilen und unter Berücksichtigung rechtlicher Randbedingungen flexibel zu bemessen. Die Studierenden können die Anlagentechnik analysieren, beurteilen und betrieblich optimieren. Es gelingt eine energetisch effiziente Auslegung unter Berücksichtigung wesentlicher kostenrelevanter Faktoren. Die Studierenden können die Situation in wichtigen Schwellen- und Entwicklungsländern im Vergleich zu der in den Industrienationen analysieren und wasserbezogene Handlungsempfehlungen entwickeln.

#### **Inhalt**

##### Kommunale Abwassereinigung

Die Studierenden erlangen vertieftes Wissen über Bemessung und Betrieb typischer Verfahrenstechniken der kommunalen Abwasserreinigung in Deutschland. Behandelt werden u.a.

- verschiedene Belebungsverfahren
- Anaerobtechnik und Energiegewinnung
- Kofermentation und nachwachsende Rohstoffe
- Filtrationsverfahren
- Abwasserdesinfektion und pathogene Keime
- Chem. und biologische Phosphorelimination
- Spurenstoffelimination
- Ressourcenschutz und Energieeffizienz

### Internationale Siedlungswasserwirtschaft

Die Studierenden verfügen über das Wissen der Bemessung und des Betriebs der im internationalen Raum eingesetzten Techniken zur Wasseraufbereitung. Sie können diese Techniken analysieren, beurteilen und entscheiden, wann neue, stärker ganzheitlich orientierte Methoden eingesetzt werden können. Behandelt werden:

- Belebungsverfahren
- Tropf- und Tauchkörper
- Teichanlagen
- Bodenfilter / Wetlands
- UASB / EGSB / Anaerobe Filter
- Dezentrale versus zentrale Systeme
- Stoffstromtrennung
- Energiegewinnung aus Abwasser
- Trinkwasseraufbereitung
- Abfallwirtschaft

### **Literatur/Lernmaterialien**

- Imhoff, K. u. K.R. (1999): Taschenbuch der Stadtentwässerung, 29. Aufl., Oldenbourg Verlag, München, Wien.
- ATV-DVWK (1997): Handbuch der Abwassertechnik: Biologische und weitergehende Abwasserreinigung, Band 5, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- TV-DVWK(1997): Handbuch der Abwassertechnik: Mechanische Abwasserreinigung, Band 6, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- Sperling, M., Chericaro, C.A.L. (2005): Biological Wastewater Treatment in warm Climate Regions, IWA publishing, London.
- Wilderer, P.A., Schroeder, E.D. and Kopp, H. (2004): Global Sustainability - The Impact of Local Cultures. A New Perspective for science and Engineering, Economics and Politics WILEY-VCH.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Die Erfolgskontrolle besteht aus zwei Teilleistungen:**

- Studienleistung nach § 4 Abs. 3 SPO:  
Prüfungsvorleistung zur mündlichen Prüfung: Gruppenvortrag (20 min) und schriftliche Ausarbeitung (ca. 10 Seiten)
- Mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- Municipal Wastewater Treatment (SWS 1 + 1)
- International Sanitary Engineering (SWS 1 + 1)

#### 4.12.4 Modul 6404 Environmental Biotechnology

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Andreas Tiehm

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Biologie
- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Wassertechnologie

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Prinzipien der Mikrobiologie und deren technische Anwendung erklären. Sie sind in der Lage technisch relevante mikrobiologische Zusammenhänge auf ökologische, bio- und umwelttechnische Prozesse zu übertragen. Sie können biotechnologische Verfahren hinsichtlich leistungsbegrenzender Faktoren analysieren und Prozesskombinationen zur Steigerung der Umsatzraten unter ökologisch-ökonomischen Gesichtspunkten beurteilen.

##### **Inhalt**

Grundlagen Umweltbiotechnologie, Anwendungsgebiete, Stoffwechselltypen, Abbaubarkeit, Testverfahren zur Abbaubarkeit, Nährstoffe, Elektronenakzeptoren, Toxizität, Wachstumskinetik, Biologische Abwasserreinigung, Belebtschlammverfahren, Tropfkörper, Membranbioreaktoren, Klärschlammbehandlung, Biogasbildung, Desintegrationsverfahren, Mikrobiologischer Abbau von Schadstoffen (PAK, CKW), Sanierung kontaminierter Standorte, Natürlicher Abbau (Natural Attenuation), Uferfiltration, Trinkwasser-Aufbereitung, Monitoring-Methoden (Kulturverfahren, Molekularbiologie).

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22614 Environmental Biotechnology

#### 4.12.5 Modul 7002 Microbiology for Engineers

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Thomas Schwartz

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Lebensmittelverfahrenstechnik
- Wassertechnologie

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, mikrobielle Prozesse in technischen und Umwelt-relevanten Bereichen zu verstehen und einzuordnen. Zudem können sie die Grundlagen von mikrobiell gesteuerten Stoffkreisläufen in technischen Prozessen beschreiben. Weiterhin sind sie mit den Anpassungsmöglichkeiten von Mikroorganismen an extreme Umweltbedingungen vertraut und können mit den Begriffen: Symbiose, Kommensalismus und Pathogenität umgehen bzw. mikrobielle Verhaltensstrukturen in ihrem jeweiligen Habitat ableiten.

##### **Inhalt**

Die Vorlesung soll Ingenieure aus dem Bereich Chemieingenieurwesen, Verfahrenstechnik und Bau-, Geo-, Umwelt mit den Prinzipien der Mikrobiologie und deren technischer Anwendung vertraut machen. Hierzu werden Schwerpunkte wie Aufbau und Rolle von Mikroorganismen, Wechselwirkungen mit globalen Stoffkreisläufen und anderen Organismen, der mikrobielle Einfluss auf Energie und Korrosion sowie die Bekämpfung von Mikroorganismen herausgegriffen und anhand angewandter Beispiele erläutert. Ergänzt werden die Schwerpunkte durch Exkurse über Grundlagen wie Stoffwechsel und Genetik, die entsprechend angewandt aufbereitet werden. Die Kenntnisvermittlung von technisch relevanten biochemischen und molekularbiologischen Besonderheiten soll zum Verständnis der mikrobiologischen Grundlagen ökologischer, bio- und umwelttechnischer Prozesse beitragen. Fragen, die angesprochen werden, sind „Was sind Mikroorganismen, wie funktionieren sie und wie ist ihre Lebensweise?“, „Welche Rolle spielen Mikroorganismen in Stoffkreisläufen und wie ist ihr Beitrag zur Energieversorgung?“ und andere wichtige Fragen mehr.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

Vertiefungsfach: Wassertechnologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 45 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

Im Fall einer Gesamtprüfung im Vertiefungsfach Lebensmittelverfahrenstechnik beträgt die Prüfungsdauer ca. 20 Minuten.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22633 – Microbiology for Engineers

#### 4.12.6 Modul 7004 Membrane Technologies and Excursions

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** Jährlich\*

**Sprache:** Deutsch/ Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn; Dr. Florencia Saravia; Dr. Gudrun Abbt-Braun

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Wassertechnologie
- Lebensmittelverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse der Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, gängige Membranverfahren (Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse) und deren verschiedene Anwendungen. Sie sind in der Lage solche Anlagen auszulegen.

##### **Inhalt**

Das Lösungs-Diffusions-Modell. Die Konzentrationspolarisation und die Konsequenzen für die Membranmodulauslegung. Membranherstellung und Membraneigenschaften. Membrankonfiguration und Membranmodule. Membrananlagen zur Meerwasserentsalzung und zur Brackwasserbehandlung. Membranbioreaktoren zur Abwasserbehandlung. Biofouling, Scaling und Vermeidungsstrategien für beides. Einführung und Exkursionen: Abwasserentsorgung und Trinkwasserversorgung, Exkursionen zu kommunalen Kläranlagen und zu Wasserwerken

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Melin, T. Rautenbach, R. (2007): Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Mulder, Marcel H. (2000): Basic principles of membrane technology“, Kluwer Academic, Dordrecht.
- Schäfer, A. I. (2005): Nanofiltration: Principles and Applications. Elsevier, Oxford.
- Staude, E. (1992): Membranen und Membranprozesse, Verlag Chemie, Weinheim.
- Vorlesungsunterlagen in ILIAS

---

\* Die Vorlesung “Membrane Technologies in Water Treatment” wurde zum Wintersemester 17/18 letztmalig im WS und wird ab dem Sommersemester 19 im SS angeboten.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 55 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 65 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Die Erfolgskontrolle besteht aus:

- Mündliche Prüfung im Umfang von 30 min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO
- Prüfungsvorleistung: Teilnahme an den Exkursionen mit Anfertigung eines Exkursionsprotokolls im Umfang von maximal 5 Seiten; Studienleistung nach § 4 Abs. 3 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22605 – Membrane Technologies in Water Treatment, SS (ab SS 19)
- 22609 – Waste Water Disposal and Drinking Water Supply - Introduction and Excursions, SS



#### 4.12.7 Modul 7101 Wasserbeurteilung

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr. G. Abbt-Braun

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Wassertechnologie"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Zusammenhänge des Vorkommens von geogenen und anthropogenen Stoffen sowie von Mikroorganismen in den verschiedenen Bereichen des hydrologischen Kreislaufs erklären. Sie sind in der Lage, geeignete analytische Verfahren zu deren Bestimmung auszuwählen. Sie können Berechnungen durchführen, Daten vergleichen und interpretieren. Sie sind fähig methodische Hilfsmittel zu gebrauchen, die Zusammenhänge zu analysieren und die unterschiedlichen Verfahren kritisch zu beurteilen.

**Inhalt**

Wasserarten, Wasserrecht, Grundbegriffe der wasserchemischen Analytik, Analysenqualität, Probenahme, Schnelltest, allgemeine Untersuchungen, elektrochemische Verfahren, optische Charakterisierung, Trübung, Färbung, SAK, Säure-Base-Titrationen, Abdampf-, Glührückstand, Hauptinhaltsstoffe, Ionenchromatographie, Titrationen (Komplexometrie), Atomabsorptionsspektrometrie, Schwermetalle und organische Spurenstoffe und ihre analytische Bestimmung, Wasserspezifische summarische Kenngrößen, Radioaktivität, Mikrobiologie.

**Literatur/Lernmaterialien**

- Harris, D. C. (2010): Quantitative Chemical Analysis. W. H. Freeman and Company, New York.
- Crittenden J. C. et al. (2005): Water Treatment – Principles and Design, Wiley & Sons, Hoboken.
- Patnaik P. (2010), Handbook of Environmental Analysis: Chemical Pollutants in Air, Water, Soil, and Solid Wastes. CRC Press.
- Wilderer, P. (2011). Treatise on Water Science, Four-Volume Set, 1st Edition; Volume 3: Aquatic Chemistry and Biology. Elsevier, Oxford.
- Vorlesungsunterlagen im ILIAS

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 65 h
- Prüfungsvorbereitung: 70 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22603 – Naturwissenschaftliche Grundlagen der Wasserbeurteilung
- 22604 – Übungen und Demonstration zu 22603

### **Allgemeine Hinweise**

Ist nicht wählbar nach Ablegen des Profulfachs „Wasserqualität und Verfahrenstechnik“, Bachelor

#### 4.12.8 Modul 7102 Praktikum Wassertechnologie und Wasserbeurteilung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes Semester

**Sprache:** Deutsch oder Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn, Dr. Gudrun Abbt-Braun, Dr. A. Hille-Reichel

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Wassertechnologie“

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Modul „Water Technology“

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage, die grundlegenden wichtigen Aufbereitungsverfahren in der Wassertechnik zu erklären. Sie können Berechnungen durchführen, Daten vergleichen und interpretieren. Sie sind fähig methodische Hilfsmittel zu gebrauchen, die Zusammenhänge zu analysieren und die unterschiedlichen Verfahren kritisch zu beurteilen.

##### **Inhalt**

Wassertechnologische und wasserchemische Versuche aus folgender Auswahl: Kalklöseversuch, Flockung, Adsorption an Aktivkohle, Photochemische Oxidation, Atomabsorptionsspektrometrie, Ionenchromatographie, Flüssigkeitschromatographie, Summenparameter, und Vortrag.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Harris, D. C. (2010): Quantitative Chemical Analysis. W. H. Freeman and Company, New York.
- Crittenden J. C. et al. (2005): Water Treatment – Principles and Design, Wiley & Sons, Hoboken.
- Patnaik P. (2010): Handbook of Environmental Analysis: Chemical Pollutants in Air, Water, Soil, and Solid Wastes. CRC Press.
- Wilderer, P. (2011): Treatise on Water Science, Four-Volume Set, 1st Edition; Volume 3: Aquatic Chemistry and Biology. Elsevier, Oxford.
- Vorlesungsskript im ILIAS; Praktikumsskript

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 35 h
- Selbststudium: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 35 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Die Erfolgskontrolle des Moduls besteht aus einer Prüfungsleistung anderer Art in Form von benoteten Praktikumsprotokollen, einem benoteten Vortrag sowie einer mündlichen Teilprüfung, Dauer 15 Minuten.

### **Notenbildung**

Die Gesamtnote des Moduls wird als gewichteter Durchschnitt aus den Einzelnoten der Teilprüfungsleistungen gebildet (Praktikumsprotokolle 40 %, Vortrag 10 %, mündliche Teilprüfung 50 %).

### **Lehrveranstaltungen**

22664 – Praktikum Wassertechnologie und Wasserbeurteilung

### **Allgemeine Hinweise**

Die Teilprüfungsleistungen in Form der benoteten Praktikumsprotokolle und dem benoteten Vortrag müssen für die Zulassung zur mündlichen Teilprüfung bestanden sein.

#### 4.12.9 Modul 7103 Struktur und Reaktionen aquatischer Huminstoffe

**Leistungspunkte:** 2.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 1,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr. Gudrun Abbt-Braun

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Wassertechnologie“

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können das Vorkommen und das Verhalten von aquatischen Huminstoffen bei der Wasseraufbereitung und in natürlichen Systemen beschreiben und sie können die wesentlichen Strukturmerkmale dieser Substanzen erklären. Sie sind mit den grundlegenden Verfahren zur Charakterisierung vertraut und sie können geeignete Verfahren für die Untersuchungen von Huminstoffen in wässrigen Systemen auswählen und die Ergebnisse bewerten.

##### **Inhalt**

Vorkommen, Definitionen, Genese, Strukturmodelle, Isolierung, Charakterisierungsverfahren, Wechselwirkung mit anderen anorganischen und organischen Wasserinhaltsstoffen, Umsetzungen im Gewässer, Reaktionen bei der Wasseraufbereitung.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Thurman, E. M. (1985): Organic Geochemistry of Natural Waters. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Frimmel, F. H., Abbt-Braun, G. et al. (Hrsg.) (2002): Refractory Organic Substances in the Environment. Wiley-VCH, Weinheim.
- Vorlesungsunterlagen im ILIAS

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 15 h
- Selbststudium: 25 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 15 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

22615 – Struktur und Reaktionen aquatischer Huminstoffe

#### 4.12.10 Modul 7104 Biofilm Systems

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Englisch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern „

- Wassertechnologie
- Technische Biologie

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Struktur und Funktion von Biofilmen in natürlichen Habitaten und technischen Anwendungen beschreiben und die wesentlichen Einflussfaktoren und Prozesse zur Ausbildung spezifischer Biofilme erklären. Sie sind mit Verfahren zur Visualisierung der Strukturen sowie mit Modellen für die Simulation des Biofilmwachstums vertraut. Sie können geeignete Verfahren für die Untersuchungen von Biofilmen auswählen und die Habitatbedingungen bewerten.

#### **Inhalt**

Mikroorganismen organisieren sich in technischen und natürlichen aquatischen Systemen typischerweise in Form von Biofilmen. Biofilme sind aber nicht nur Anreicherungen von Mikroorganismen an Grenzflächen, darüber hinaus bildet eine Matrix aus extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) ein Grundgerüst für den Zusammenhalt. In der Vorlesung wird die Struktur und Funktion der Biofilme in verschiedensten natürlichen Habitaten und technischen Anwendungen (Biofilmreaktoren, Biofilme in Fließgewässern, Biofouling in technischen Systemen und Biofilme zur Stromerzeugung in Mikrobiellen Brennstoffzellen) gezeigt und diskutiert. Wachstum und Abtrag der Mikroorganismen als wesentliche Prozesse zur Gestaltung der Struktur werden beschrieben und Modelle zu deren Simulation vorgestellt. Darüber hinaus werden mikroskopische Verfahren zur Visualisierung der Biofilmstrukturen gezeigt.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Vorlesungsunterlagen im ILIAS

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

Vertiefungsfach: Wassertechnologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO Master 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22617 – Biofilm Systems

## 4.13 Fach 7200 Verbrennungstechnik

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Grundlagen der Verbrennungstechnik</b>	Trimis	WS	2 + 1	6
2	<b>Angewandte Verbrennungstechnik</b>	Zarzalis	WS	2 + 1	6
3	<b>Hochtemperatur-Verfahrenstechnik</b>	Stapf	SS	2 + 1	6
4	<b>Messtechnik in der Thermofluidodynamik</b>	Trimis	WS	2 + 1	6
5	<b>Verbrennung und Umwelt</b>	Trimis	SS	2 + 0	4
6	<b>Auslegung einer Gasturbinenbrennkammer</b>	Zarzalis	WS	1 + 2	6
7	<b>Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien</b>	Trimis	SS	2 + 0	4
8	<b>Turbulente Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung</b>	Zarzalis	SS	2 + 0	4
9	<b>Verbrennungstechnisches Praktikum</b>	Harth	SS	0 + 2	4
10	<b>Energietechnik</b>	Büchner	WS	2 + 0	4
11	<b>Strömungs- und Verbrennungsinstabilitäten in technischen Feuerungssystemen</b>	Büchner	SS	2 + 0	4
12	<b>Technical Systems for Thermal Waste Treatment</b>	Kolb	WS	2 + 0	4
13	<b>Brennstofftechnik</b> <i>- Grundlagen der Brennstofftechnik</i>	Kolb	WS	2 + 1	6
14	<b>Energieträger aus Biomasse</b>	Bajohr	WS	2 + 1	6

### Kombinationen:

Module 1, 2: es muss mindestens ein Modul aus 1-2 ausgewählt werden

### Prüfungsmodus:

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination



#### 4.13.1 Modul 6405 Brennstofftechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Thomas Kolb

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik (Falls nicht bereits in "Chemische Energieträger und Brennstofftechnologie gewählt)

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, Energierohstoffe und daraus erzeugte Brennstoffe / chemische Energieträger zu charakterisieren und die Prozesse und Verfahren zur Erzeugung von chemischen Energieträgern bezüglich Verfahrenstechnik, Kosten und Umweltrelevanz kritisch zu bewerten.

#### **Inhalt**

- Überblick über die Energierohstoffe: Kohle, Öl, Gas, Biomasse - Entstehung, Vorräte, Verbrauch
- Technik der Förderung
- Charakterisierung und Analytik der Energierohstoffe und Brennstoffe
- Grundlagen, Prozesse und Verfahren zur Wandlung von Energierohstoffen in chemische Energieträger/Brennstoffe
- Prozesse und Verfahren der Brennstoff-Nutzung: Strom / Wärme, Mobilität, Synthese
- Vergleichende Bewertung von Prozessketten zur Wandlung und Nutzung von Brennstoffen auf Basis von LCA, Ökoeffizienzanalyse

### **Literatur/Lernmaterialien**

- "Die Veredlung und Umwandlung von Kohle Technologien und Projekte 1970 bis 2000 in Deutschland"; ISBN 978-3-936418-88-0
- „Grundlagen der Gastechnik“; ISBN 978-3446211094
- "Handbook of Fuels"; ISBN 978-3-527-30740-1
- „Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry“; ISBN 978-3-5273-0673-2

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22305 - Grundlagen der Brennstofftechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22306 – Übungen und Demonstrationen zu 22305, 1 SWS

#### 4.13.2 Modul 6508 Theorie turbulenter Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Nikolaos Zarzalis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern:

- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

- Die Studenten lernen und verstehen die Ähnlichkeit zwischen Impuls-, Energie- und Stofftransport
- Die Studenten sind in der Lage aus der Anwendung der Analogie zwischen dem turbulenten und laminaren Transport die „turbulente“ Diffusion zu erklären und zu quantifizieren.
- Die Studenten können gemessene Feldverteilungen von Turbulenzgrößen beurteilen.
- Die Studenten können unterschiedliche Flammenstrukturen auf Grund der Wechselwirkung zwischen Turbulenz und Wärmefreisetzung analysieren und erklären.

##### **Inhalt**

Charakterisierung der Turbulenz; Herleitung der Bilanzgleichungen für Masse, Impuls und Energie; Turbulenter Impuls-, Wärme und Stofftransport; Herleitung der Bilanzgleichungen für die kinetische Energie der mittleren Strömung und der turbulenten Schwankungsbewegung; Herleitung der Bilanzgleichungen für die Enstrophie der mittleren Strömung und der turbulenten Schwankungsbewegung; Erläuterung der Energiekaskade; Wechselwirkung zwischen Turbulenz und Wärmefreisetzung bei turbulenten Vormischflammen

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Tennekes and Lumley, A first course in turbulence;
- N. Peters, Turbulent combustion
- T. Poinso, D. Veynante, Theoretical and numerical combustion

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 15
- Prüfungsvorbereitung: 75

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von max. 30min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22514 – Theorie turbulenter Strömungen ohne und mit überlagerter Verbrennung, Vorlesung, 2 SWS

### 4.13.3 Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger-Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden identifizieren Anforderungen an Hochtemperaturprozesse aus der Problemstellung. Durch geeignete Bilanzierung unter Berücksichtigung relevanter kinetischer Vorgänge ermitteln sie daraus die erforderlichen Prozessparameter. Sie sind fähig, hierfür geeignete Reaktoren und Prozesskomponenten auszuwählen. Somit können die Studierenden unterschiedliche Verfahren der Prozessindustrie kritisch beurteilen und Lösungen für neue Problemstellungen der HTVT systematisch entwickeln.

#### **Inhalt**

Hochtemperaturprozesse im Beispiel; Verbrennungstechnische Grundlagen; Wärmeübertragung durch Strahlung; Wärmeaustauschrechnung für Hochtemperaturanlagen; Metallische und keramische Hochtemperaturwerkstoffe; Beispiele zur Konstruktion von Hochtemperaturanlagen.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Auf aktuelle Literatur wird im Fortlauf der Vorlesung hingewiesen

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22505 – Hochtemperaturverfahrenstechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22506 – Übung zu 22505, Übung, 1 SWS

### **Allgemeine Hinweise**

Dieses Modul behandelt die Hochtemperaturverfahrenstechnik als Querschnittsthema verschiedener verfahrenstechnischer Fachgebiete. Im Rahmen der Übungen findet die Anwendung der erlernten Grundlagen in der Prozessbeurteilung anhand konkreter Beispiele der HTVT statt.

#### 4.13.4 Modul 6512 Messtechnik in der Thermofluidodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Es werden die gängigen experimentellen Methoden der Strömungs-, Konzentrations- und Temperaturmesstechnik in Theorie und Praxis vermittelt. Zunächst werden die Grundlagen der Messung der Geschwindigkeit, Druck, Dichte, Temperatur, Wärmestrom und Konzentration erläutert. Anschließend werden die Methoden zur Messung dieser Größen vorgestellt, hinsichtlich Genauigkeit und Auflösung diskutiert und in ihrer technischen Ausführung dargelegt. Insbesondere wird der Schwerpunkt auf moderne laser-optische Messverfahren einschließlich digitaler Bildverarbeitung gelegt (LDA, PDA, PIV, LIF, ...). Abschließend werden die Methoden zur Weiterverarbeitung und Analyse der Messdaten insbesondere in turbulenten Strömungen erläutert. Die Studierenden können in den kombinierten Praktikums-Übungsstunden unmittelbar die Methoden erproben.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22509 – Messtechnik in der Thermofluidodynamik, Vorlesung 2 SWS
- 22510 – Übung zu 22509 Messtechnik in der Thermofluidodynamik, 1 SWS

#### 4.13.5 Modul 6801 Energieträger aus Biomasse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Siegfried Bajohr

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger- Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Technische Biologie
- Verbrennungstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden entwickeln Prozessverständnis für Prozesse zur Umwandlung und Nutzung von Biomasse. Sie können entsprechende Prozesse bilanzieren, bewerten und weiterentwickeln. Die Betrachtung ethischer, ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen hilft den Studierenden bei der kritischen Bewertung von (neuen) Prozessen und bei deren Weiterentwicklung.

**Inhalt**

- Grundlagen der Biomasseentstehung und der Umwandlungspfade hin zu chemischen Energieträgern wie Biodiesel, Ethanol oder SNG.
- Charakterisierungsmethoden und Unterscheidungskriterien für Biomasse, nutzbare Potenziale global/national, Nachhaltigkeitsaspekte, CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale.
- Nutzung und Umwandlung von Pflanzenölen und -fetten.
- Biochemische Umwandlungsprozesse zu Ethanol und Biogas, Nutzung- und Aufbereitungsprozesse für Biogas.
- Thermochemische Biomasseumwandlung durch Pyrolyse und Vergasung; ausgewählte Synthesen (FT-, CH<sub>4</sub>-, CH<sub>3</sub>OH-, DME-Synthese).

**Literatur/Lernmaterialien**

- Kaltschmitt, M.; Hartmann (Ed.): Energie aus Biomasse, 2. Aufl., Springer Verlag 2009.
- Graf, F.; Bajohr, S. (Hrsg.): Biogas: Erzeugung – Aufbereitung – Einspeisung, 2. Aufl., Oldenbourg Industrieverlag 2013.



### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22320 - Energieträger aus Biomasse / Biomass based Energy Carriers; Vorlesung 2 SWS
- 22321 - Übung zu Energieträger aus Biomasse / Exercise Biomass based Energy Carrier; 2 SWS

#### 4.13.6 Modul 6805 Technical Systems for Thermal Waste Treatment

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Englisch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. - Ing. Thomas Kolb

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger Brennstofftechnologie
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

The students are enabled to characterize different waste fractions and select suitable technologies for waste to energy conversion based on detailed process understanding and by application of evaluation tool combining economical and ecological aspects. The students gain a profound inside into process operation.

##### **Inhalt**

- Waste: definition, specification, potential
- Basic thermo-chemical processes for waste treatment: pyrolysis, gasification, combustion
- Technical systems for thermal waste treatment:
  - combustion: Grate furnace, rotary kiln, fluidized bed
  - gasification: fixed bed, fluidized bed, entrained flow
  - pyrolysis: rotary kiln
  - Refractory technology
  - Legal aspects of waste management
  - Tools for critical evaluation of waste treatment technologies
  - Excursion to industrial sites

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 50
- Prüfungsvorbereitung: 40

Vertiefungsfach: Verbrennungstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22516 - Technical Systems for Thermal Waste Treatment, Vorlesung 2 SWS

### **Allgemeine Hinweise**

Die Exkursion ist ein prüfungsrelevantes Element der Vorlesung

#### 4.13.7 Modul 6806 Grundlagen der Verbrennungstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Einführung und Stellenwert der Verbrennungstechnik; Thermodynamik technischer Verbrennung; Stoffumsatz und Enthalpieumsatz; Gleichgewichtszusammensetzung; Verbrennungstemperatur; Kinetik von Verbrennungsvorgängen; Verbrennungstechnische Kenngrößen: Zündgrenzen, Zündtemperatur, Zündenergie, Zündverzug, Löschabstand, Flammpunkt; Reaktionsmechanismen der Verbrennung; Flammengeschwindigkeit; Thermische Flammentheorie; Turbulente Flammenausbreitung; Übersicht Brennersysteme

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22501 - Grundlagen der Verbrennungstechnik / Combustion Technology

#### 4.13.8 Modul 6807 Angewandte Verbrennungstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Nikolaos Zarzalis

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

- Die Studenten können die verbrennungstechnischen Kennzahlen und die Eigenschaften von unterschiedlichen Flammen beschreiben und erklären.
- Die Studenten sind in der Lage die verbrennungstechnischen Kennzahlen zu benutzen, um Brenner auszulegen.
- Die Studenten sind in der Lage Brenner hinsichtlich ihrer Operabilität zu untersuchen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren.
- Die Studenten sind in der Lage das Brennverhalten im Hinblick auf die jeweilige Anwendung zu beurteilen.

#### **Inhalt**

Grundlagen der Verbrennungsvorgänge; Brennstoffe; Verbrennungstechnische Kenngrößen; Laminare Flammenfortpflanzung; Struktur und Eigenschaften stationärer laminarer und turbulenter Flammen; Flammenstabilität; Ähnlichkeitsgesetze und Skalierung von Brennern; Verbrennung von flüssigen Brennstoffen; Heterogene Verbrennung von festen Brennstoffen; Beispiele praktischer Verbrennungssysteme.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- F. Joos, Technische Verbrennung
- J. Warnatz, U. Maas, Technische Verbrennung
- S. R. Turns, An Introduction to Combustion

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 25 h
- Prüfungsvorbereitung: 110 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von max. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22503 – Angewandte Verbrennungstechnik, Vorlesung, 2 SWS
- 22504 – Übung zu 22503 Angewandte Verbrennungstechnik, 1 SWS

#### 4.13.9 Modul 7201 Verbrennung und Umwelt

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

**Inhalt**

Bedeutung des Umweltschutzes; Schadstoffe aus der Verbrennung und ihre Wirkung; Mechanismen der Schadstoffbildung; Feuerungsbezogene Maßnahmen (Primärmaßnahmen) zur Emissionsminderung; Rauchgasreinigung; Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung; Emissionen bei motorischer Verbrennung und Verbrennung in Gasturbinen

**Lehrveranstaltungen**

- 22507 – Verbrennung und Umwelt

#### 4.13.10 Modul 7202 Auslegung einer Gasturbinenbrennkammer

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Nikolaos Zarzalis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern:

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

- Die Studenten sind fähig die relevanten Designparameter anzuwenden, um eine Triebwerksbrennkammer auszulegen.
- Die Studenten sind in der Lage die Auswirkung von Designänderungen bezüglich der Funktionalität, der Betriebssicherheit und des Emissionsausstoßes zu beurteilen.
- Die Studenten sind in der Lage Literaturergebnisse zu bewerten und für Ihre eigene Zwecke zu nutzen.
- Die Studenten lernen zielorientiert gemäß eines vorgegebenen Zeitplans zu arbeiten.
- Die Studenten lernen in Gruppen zu arbeiten und Informationen zwischen den Gruppen durch die Definition von Schnittstellen auszutauschen.
- Die Studenten lernen den Arbeitsfortschritt und die wichtigsten Ergebnisse klar und in angemessener Zeit zu präsentieren.

##### **Inhalt**

In vier Vorlesungsdoppelstunden werden zuerst die theoretischen Grundlagen erläutert. Diese bestehen aus der Beschreibung und Funktionsweise des Triebwerkes und der speziellen Aufgabe und Funktionsweise der Brennkammer. Danach erfolgt die Auslegung der Triebwerksbrennkammer ausgehend von vorgegebenen geometrischen Randbedingungen und Leistungsdaten eines Triebwerkes. Die speziellen Aufgaben der Auslegung sind die Aerodynamik (Luftverteilung und Druckverlust), die Wärmetechnik (Temperaturverteilung, Kühlung und Materialwahl) die Berechnung der Emissionen und die Brennkammerkonstruktion. Zu diesem Zweck bilden die Studenten Gruppen und jede Gruppe übernimmt eine Teilaufgabe. Der Arbeitsfortschritt wird anhand des erstellten Zeitplans bei regelmäßigen Präsentationen kontrolliert. Die Gesamtauslegung wird in einer abschließenden Präsentation dargestellt und diskutiert.



### **Literatur/Lernmaterialien**

- H. Lefebvre, Gas Turbine Combustion
- Rolls-Royce plc, the jet engine
- R. Müller, Luftstrahltriebwerke Grundlage, Charakteristiken, Arbeitsverhalten

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 20 h
- Selbststudium: 60 h
- Projekt: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von max. 30min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO. Darüber hinaus werden die Mitarbeit während des Projektes und die Präsentationen bewertet.

### **Notenbildung**

Die Modulnote setzt sich zusammen aus der Note der mündlichen Prüfung und der Mitarbeit/Präsentation während des Projektes.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22527 – Design of a jet engine combustion chamber, Seminar/Projekt

#### 4.13.11 Modul 7203 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Inhalt**

Einführung und thermodynamische Grundlagen; PEM-Brennstoffzellen; Schmelzkarbonat Brennstoffzellen (MCFC); Festoxidbrennstoffzellen (SOFC); Brennstoffzellen für flüssige und feste Brennstoffe; Wasserstoff als Energieträger; Wasserstofferzeugung; Elektrolyse; Dampfreformierung; Partielle Oxidation; Reformierverfahren für flüssige Brennstoffe; Konvertierung/Reinigung von Kohlenmonoxid; Entschwefelung; Brennstoffzellensysteme: Peripheriekomponenten und Integration

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22508 – Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien

#### 4.13.12 Modul 7204 Verbrennungstechnisches Praktikum

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Stefan Harth

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Verbrennungstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können verbrennungstechnische Versuchsergebnisse auswerten und die Messmethoden kritisch beurteilen.

##### **Inhalt**

Es werden Experimente zur Ermittlung der laminaren Flammengeschwindigkeit und des Stabilitätsbereiches von Brennersystemen, sowie auch zur Charakterisierung des Verbrennungsverlaufs durchgeführt. Bei der angewandten Messtechnik handelt es sich sowohl um konventionelle (Thermoelement, Abgassonden) als auch um optische Messtechnik.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h (3-4 Experimente: Anzahl wird abhängig von der Komplexität der verwendeten Prüfstände festgelegt)
- Selbststudium, Erstellung der Versuchsprotokolle: 50 h
- Prüfungsvorbereitung: 40 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von maximal 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22542 – Verbrennungstechnisches Praktikum

##### **Allgemeine Hinweise**

Termine der Praktika werden in Absprache festgelegt. Anmeldungen bis spätestens 15. Mai per email an: stefan.harth@kit.edu

### 4.13.13 Modul 7205 Energietechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Horst Büchner

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Der Hörer kennt die thermodynamischen Grundlagen und kann darauf aufbauend thermische Energieumwandlungsprozesse in Wärmekraftmaschinen und -anlagen quantitativ beschreiben und die Effizienz der Energieumwandlung zu berechnen. Darüber hinaus können die Studierenden das Erlernte auf Beispiel ausgewählter technischer Prozesse übertragen.

#### **Inhalt**

Die Vorlesung beginnt mit einer allgemeinen Übersicht über die wichtigsten wirtschaftlichen Gesichtspunkte und Kennzahlen thermischer Energietechnik am Beispiel Deutschland. Danach werden die thermodynamischen Grundlagen für das Verständnis von Wärmekraftmaschinen besprochen und bei ausgewählten Energieumwandlungsprozessen (Stirling-Motor, Gasturbine, Dampfkraftwerk, etc.) angewendet, um so Möglichkeiten zur Steigerung des thermischen und exergetischen Wirkungsgrades wie auch des Arbeitsverhältnisses anhand von Beispielen aufzuzeigen.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 – 25 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22511 – Energietechnik I

#### 4.13.14 Modul 7206 Strömungs- und Verbrennungsinstabilitäten in technischen Feuerungssystemen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Horst Büchner

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach „Verbrennungstechnik“.

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Der Hörer versteht die physikalischen Mechanismen, die zum ungewollten Auftreten periodischer Verbrennungsinstabilitäten in technischen Feuerungssysteme führen, und kann diese zielgerichtet und effizient beseitigen.

**Inhalt**

Die Vorlesung umfasst die theoretischen Grundlagen für die Entstehung selbsterregter Strömungs- und Verbrennungsinstabilitäten in technischen Verbrennungssystemen. Hierzu wird die messtechnische Erfassung wie auch die Bedeutung dynamischer, d.h. zeitabhängiger Flammeneigenschaften besprochen und Flammenfrequenzgänge definiert und physikalisch interpretiert. Schließlich wird beispielhaft das Resonanzverhalten einer Modellbrennkammer modelliert und eine vollständige Stabilitätsanalyse eines Vormisch-Verbrennungssystems durchgeführt.

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 – 25 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen**

- 22515 Strömungs- und Verbrennungsinstabilitäten in technischen Feuerungssystemen, 2 SWS, SS

## 4.14 Fach 7300 Technische Biologie

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul 	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Industrielle Genetik</b>	Neumann	SS	2 + 1	6
2	<b>Industrielle Biokatalyse</b>	Rudat	WS	2 + 1	6
3	<b>Energieträger aus Biomasse</b>	Bajohr	WS	2 + 1	6
4	<b>Thermodynamik der Phasengleichgewichte</b> (mit Bezugnahme auf biotechnologische Prozesse)	Türk	WS	2 + 1	6
5	<b>Überkritische Fluide und deren Anwendungen</b> (mit Bezugnahme auf biotechnologische Prozesse)	Türk	WS	2 + 1	6
6	<b>Environmental Biotechnology</b>	Tiehm	WS	2 + 0	4
7	<b>Biofilm Systems</b>	Horn, Gescher, Hille-Reichel, Wagner	SS	2 + 0	4
8	<b>Biobasierte Kunststoffe</b>	Kindervater et al.	WS	2 + 0	4
9	<b>Bioelektrochemie und Biosensoren</b>	Wörner	WS	2 + 0	4
10	<b>Kommerzielle Biotechnologie</b>	Kindervater et al.	SS	2 + 0	4

### Kombinationen:

Pflichtmodule: Modul 1 oder 2 und ein weiteres Modul aus 1 - 5

### Prüfungsmodus:

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

#### 4.14.1 Modul 6404 Environmental Biotechnology

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Andreas Tiehm

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Biologie
- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Wassertechnologie

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Prinzipien der Mikrobiologie und deren technische Anwendung erklären. Sie sind in der Lage technisch relevante mikrobiologische Zusammenhänge auf ökologische, bio- und umwelttechnische Prozesse zu übertragen. Sie können biotechnologische Verfahren hinsichtlich leistungsbegrenzender Faktoren analysieren und Prozesskombinationen zur Steigerung der Umsatzraten unter ökologisch-ökonomischen Gesichtspunkten beurteilen.

#### **Inhalt**

Grundlagen Umweltbiotechnologie, Anwendungsgebiete, Stoffwechselltypen, Abbaubarkeit, Testverfahren zur Abbaubarkeit, Nährstoffe, Elektronenakzeptoren, Toxizität, Wachstumskinetik, Biologische Abwasserreinigung, Belebtschlammverfahren, Tropfkörper, Membranbioreaktoren, Klärschlammbehandlung, Biogasbildung, Desintegrationsverfahren, Mikrobiologischer Abbau von Schadstoffen (PAK, CKW), Sanierung kontaminierter Standorte, Natürlicher Abbau (Natural Attenuation), Uferfiltration, Trinkwasser-Aufbereitung, Monitoring-Methoden (Kulturverfahren, Molekularbiologie).

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 45 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

Vertiefungsfach: Technische Biologie

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22614 - Environmental Biotechnology

### **Dozenten**

Prof. Dr. Andreas Tiehm



#### 4.14.2 Modul 6507 Thermodynamik der Phasengleichgewichte

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Thermodynamik
- Thermische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Allgemeine Grundlagen, chemischen Potential, partielle molare Größen, Mischungs- und Exzessgrößen, Zustandsgleichungen, reine Gase und Gasgemische, Berechnung von Fugazitäten und -koeffizienten, reine Flüssigkeiten und Flüssigkeitgemische, Berechnung von Fugazitäten und Aktivitäten; Raoult'sches Gesetz, Henry'sches Gesetz, Berechnung binärer und ternärer Phasengleichgewichte, Phasengleichgewichte von Polymerlösungen

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22016 – Thermodynamik der Phasengleichgewichte

#### 4.14.3 Modul 6905 Überkritische Fluide und deren Anwendungen

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Michael Türk

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Technische Thermodynamik"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Inhalt**

Allgemeine Grundlagen, Darstellung thermodynamischer Eigenschaften, reine überkritische Fluide, binäre und ternäre Systeme inkl. Polymerlösungen, Überkritische Fluide als Lösungs-, Separations- und Reaktionsmedium, Herstellung von organischen, anorganischen metalloxidischen Nanopartikeln, Eigenschaften von Polymerlösungen, Wirtschaftliche Aspekte von Hochdruckprozessen.

**Lehrveranstaltungen**

- 22021 – Überkritische Fluide und deren Anwendungen

#### 4.14.4 Modul 6801 Energieträger aus Biomasse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Siegfried Bajohr

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger- Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Technische Biologie
- Verbrennungstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden entwickeln Prozessverständnis für Prozesse zur Umwandlung und Nutzung von Biomasse. Sie können entsprechende Prozesse bilanzieren, bewerten und weiterentwickeln. Die Betrachtung ethischer, ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen hilft den Studierenden bei der kritischen Bewertung von (neuen) Prozessen und bei deren Weiterentwicklung.

**Inhalt**

- Grundlagen der Biomasseentstehung und der Umwandlungspfade hin zu chemischen Energieträgern wie Biodiesel, Ethanol oder SNG.
- Charakterisierungsmethoden und Unterscheidungskriterien für Biomasse, nutzbare Potenziale global/national, Nachhaltigkeitsaspekte, CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale.
- Nutzung und Umwandlung von Pflanzenölen und -fetten.
- Biochemische Umwandlungsprozesse zu Ethanol und Biogas, Nutzung- und Aufbereitungsprozesse für Biogas.
- Thermochemische Biomasseumwandlung durch Pyrolyse und Vergasung; ausgewählte Synthesen (FT-, CH<sub>4</sub>-, CH<sub>3</sub>OH-, DME-Synthese).

**Literatur/Lernmaterialien**

- Kaltschmitt, M.; Hartmann (Ed.): Energie aus Biomasse, 2. Aufl., Springer Verlag 2009.
- Graf, F.; Bajohr, S. (Hrsg.): Biogas: Erzeugung – Aufbereitung – Einspeisung, 2. Aufl., Oldenbourg Industrieverlag 2013.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22320 - Energieträger aus Biomasse / Biomass based Energy Carriers; Vorlesung, 2 SWS
- 22321 - Übung zu Energieträger aus Biomasse / Exercise Biomass based Energy Carrier; 2 SWS

#### 4.14.5 Modul 7104 Biofilm Systems

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Englisch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Harald Horn

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern „

- Wassertechnologie
- Technische Biologie

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Struktur und Funktion von Biofilmen in natürlichen Habitaten und technischen Anwendungen beschreiben und die wesentlichen Einflussfaktoren und Prozesse zur Ausbildung spezifischer Biofilme erklären. Sie sind mit Verfahren zur Visualisierung der Strukturen sowie mit Modellen für die Simulation des Biofilmwachstums vertraut. Sie können geeignete Verfahren für die Untersuchungen von Biofilmen auswählen und die Habitatbedingungen bewerten.

#### **Inhalt**

Mikroorganismen organisieren sich in technischen und natürlichen aquatischen Systemen typischerweise in Form von Biofilmen. Biofilme sind aber nicht nur Anreicherungen von Mikroorganismen an Grenzflächen, darüber hinaus bildet eine Matrix aus extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) ein Grundgerüst für den Zusammenhalt. In der Vorlesung wird die Struktur und Funktion der Biofilme in verschiedensten natürlichen Habitaten und technischen Anwendungen (Biofilmreaktoren, Biofilme in Fließgewässern, Biofouling in technischen Systemen und Biofilme zur Stromerzeugung in Mikrobiellen Brennstoffzellen) gezeigt und diskutiert. Wachstum und Abtrag der Mikroorganismen als wesentliche Prozesse zur Gestaltung der Struktur werden beschrieben und Modelle zu deren Simulation vorgestellt. Darüber hinaus werden mikroskopische Verfahren zur Visualisierung der Biofilmstrukturen gezeigt.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Vorlesungsunterlagen im ILIAS

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

Vertiefungsfach: Technische Biologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO Master 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

22617 – Biofilm Systems

#### 4.14.6 Modul 7301 Industrielle Biokatalyse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr. Jens Rudat

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Technische Biologie"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Voraussetzungen sind Grundkenntnisse in Biochemie. Der vorherige oder parallele Besuch der Vorlesung „Enzymtechnik für BIW“ (Prof. Syldatk) ist hilfreich.

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage, unterschiedliche Verfahren zur Herstellung industriell relevanter Produkte zu vergleichen und kritisch zu beurteilen (Chemo- vs. Biokatalyse sowie verschiedene biokatalytische Optionen untereinander).

##### **Inhalt**

Aktuelle Entwicklungen enzymatisch katalysierter Produktionsverfahren sowie am Markt etablierte Prozesse u.a. aus den Bereichen Pharmaindustrie wie Synthese und Modifikation von Wirkstoffen, Chemische Industrie wie Synthese und Modifikation von Basis- und Feinchemikalien und Lebensmittelindustrie wie enzymatische Umsetzung von Lebensmittelzutaten sowie Herstellung von Geschmacksträgern und Aromastoffen. Hierbei werden neben der eigentlichen enzymatischen Reaktion und deren molekularbiologischer Optimierung auch verfahrenstechnische Aspekte wie z.B. Wahl und Design des Lösungsmittels bzw. des Reaktionsmediums, Methoden der Produktisolierung („Downstream Processing“) sowie wirtschaftliche und ökologische Gesichtspunkte besprochen.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- Recent publications in relevant journals, e.g. Applied Microbiology and Biotechnology
- Buchholz, Kasche, Bornscheuer: Biocatalysts and Enzyme Technology; 2nd edition 2012, Wiley-Blackwell; ISBN: 978-3-527-32989-2
- Drautz, Gröger, May: Enzyme Catalysis in Organic Synthesis; 3rd edition 2012, Wiley-Blackwell; ISBN: 978-3-527-32547-4

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 90h
- Prüfungsvorbereitung: 45h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

Vertiefungsfach: Technische Biologie

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22411 Industrielle Biokatalyse
- 22446 Seminar zu Industrielle Biokatalyse (22411)

### **Grundlage für**

Hilfreich beim Besuch der Vorlesungen „Biologische Stoffproduktion“ (Prof. Sylatk) und „Methoden der Industriellen Genetik“ (Dr. Neumann)

### **Allgemeine Hinweise**

Ort und Zeit des begleitenden Seminars richten sich nach Anzahl der Teilnehmer. Geplant ist eine ein- bis zweitägige Veranstaltung *en bloc* gegen Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters (Anfang Februar).



#### 4.14.7 Modul 7303 Kommerzielle Biotechnologie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Ralf Kindervater

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Biologie
- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig wissenschaftliche Ergebnisse in ein kommerzielles Umfeld in allen relevanten lebenswissenschaftlichen Industriesektoren zu übersetzen und geistiges Eigentum zu schützen. Sie können sowohl eine Management Rolle in einem großen industriellen Unternehmen einnehmen, als auch die Rolle eines Managers in einer Startup Firma. Sie können technische Entwicklungen bezogen auf den Innovationsgrad einordnen und Lücken in Wertschöpfungsketten identifizieren und schließen. Vorgegebene Firmenstrategien können analysiert und strategisch optimiert werden.

#### **Inhalt**

Blockveranstaltung mit Exkursion; Überblick Pharma-Industrie; biotechnologisch hergestellte Produkte in der Pharmaindustrie; Überblick Biotech-Industrie, mit Vergleich USA/EU/D; Finanzierung von Biotech-Unternehmen; Grundlagen der Lizenzierung am Beispiel eines Wirkstoffes; Vorbereitung und Durchführung einer Lizenzverhandlung. Überblick industrielle Biotechnologie; Biotechnologisch hergestellte Produkte der chemischen Industrie und deren Folgeprodukte, Erläuterung des Begriffes Bioökonomie und deren Konsequenzen für Wirtschaftssysteme. Definition des Begriffes Wertschöpfungskette. Erläuterung des Ablaufes einer Firmengründung. Vorstellung und strategische Analyse von 12 Biotech Firmen aus Baden-Württemberg. Vorstellung und Diskussion möglicher Berufswege als Bioverfahrenstechniker in den Branchen Pharma, Medizintechnik, Biotechnologie, chemische Industrie, Verbände, Ausbildung, Lehre und öffentliche Forschung

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium
- Prüfungsvorbereitung

(Summe: 120 h)

Vertiefungsfach: Technische Biologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

Bei großer Teilnehmerzahl bzw. bei Prüfungen im Technischen Erfängzungsfach alternativ eine schriftliche Prüfung im Umfang von 60 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 SPO.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen bzw. mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22413 - Kommerzielle Biotechnologie

#### 4.14.8 Modul 7304 Biobasierte Kunststoffe

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Ralf Kindervater

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Technische Biologie"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, unterschiedliche Wertschöpfungsketten-basierte Biokunststoffsysteme herzuleiten und die technologischen, wirtschaftlichen und ökologischen Zusammenhänge zu bewerten.

##### **Inhalt**

Polymerchemische Grundlagen, kunststofftechnische Grundlagen, Rohstoffauswahl, Konversionsmethoden, Zwischenproduktszenarien, Monomergestaltung, Polymerstrukturen, Compounds und Blends, Formgebungsverfahren, Produktbeispiele, Abläufe in Wertschöpfungsketten, Wirtschaftlichkeitsrechnung, Life Cycle Analysen, Kreislaufwirtschaft.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 15 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 15 h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Vertiefungsfach: Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

Technisches Ergänzungsfach bzw. große Teilnehmerzahl im Vertiefungsfach: schriftliche Prüfung im Umfang von 90 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 SPO.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22414 - Biobasierte Kunststoffe

#### 4.14.9 Modul 7305 Industrielle Genetik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Anke Neumann

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Technische Biologie"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Inhalt**

Grundlagen der Gentechnik in Hinblick auf ihre industrielle Anwendbarkeit; Methoden der DNA-Rekombinationstechnik, Sequenzierung und PCR; Manipulation der Genexpression in Prokaryoten; Herstellung heterologer Proteine in eukaryotischen Zellen; gezielte Mutagenese und Proteindesign; gentechnisch veränderte Mikroorganismen in der Industrie; Produktion pharmazeutisch wirksamer Proteine wie z.B. Insulin oder Interferon, Antibiotikaproduktion, molekulare Diagnostik, Herstellung von Antikörpern, Impfstoffen und Therapeutika; Möglichkeiten der biologischen Dekontaminierung und Verwertung von Biomasse, Förderung des Pflanzenwachstums durch gentechnisch veränderte Bakterien und Herstellung mikrobieller Insektizide.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22412 - Methoden der industriellen Genetik
- 22447 - Seminar zu Methoden der Industriellen Genetik (22412)

#### 4.14.10 Modul 7706 Bioelektrochemie und Biosensoren

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Michael Wörner

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik
- Technische Biologie

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, Strategien zur Kopplung von Elektrochemie und Biotechnologie zu entwickeln und zu beurteilen, insbesondere für das Design von Biosensoren, für Anwendungen im Bereich der Energiewandlung/Energiespeicherung und der bioorganischen Wertstoffsynthese.

#### **Inhalt**

Elektrochemische Kinetik und Elektrochemische Techniken in der Bioanalytik; Elektrochemische Prinzipien in der Biologie und biologische Aspekte der Elektrochemie; Elektrochemie von Redoxenzymen; Biosensoren; Biobrennstoffzellen; Bioelektrosynthese; Biologische Membranen und biomimetische Membransysteme; Photobioelektrochemie und biomimetische Photovoltaik;

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- Electrochemistry: Principles, Methods, and Applications
- Christopher M.A. Brett, Oxford University Press;
- Bioelectrochemistry: Fundamentals, Experimental Techniques and Applications, Philip Bartlett, John Wiley & Sons
- Bioelectrochemistry, Encyclopedia of Electrochemistry, 11 Volume Set: Encyclopedia of Electrochemistry, Volume 9, Wiley-VCHVerlag GmbH

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 24 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 90 h

Vertiefungsfach: Technische Biologie

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22708 - Bioelektrochemie und Biosensoren

## 4.15 Fach 7400 Energieverfahrenstechnik

### Voraussetzungen/Empfehlungen

Keine

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Brennstofftechnik</b> <i>- Grundlagen der Brennstofftechnik</i>	Kolb	WS	2 + 1	6
2	<b>Grundlagen der Verbrennungstechnik</b>	Trimis	WS	2 + 1	6
3	<b>Angewandte Verbrennungstechnik</b>	Zarzalis	WS	2 + 1	6
4	<b>Hochtemperatur-Verfahrenstechnik</b>	Stapf	SS	2 + 1	6
5	<b>Verbrennung und Umwelt</b>	Trimis	SS	2 + 0	4
6	<b>Energietechnik</b>	Büchner	WS	2 + 0	4
7	<b>Auslegung einer Gasturbinenbrennkammer</b>	Zarzalis	WS	1 + 2	6
8	<b>Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien</b>	Trimis	SS	2 + 0	4
9	<b>Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen</b>	Schmidt	SS	2 + 0	4
10	<b>Messtechnik in der Thermofluidodynamik</b>	Trimis	WS	2 + 1	6
11	<b>Energieträger aus Biomasse</b>	Bajohr	WS	2 + 1	6
12	<b>Wirbelschichttechnik</b>	Rauch	WS	2+0	4

### Kombinationen:

- Modul 1: Pflichtmodul, wenn nicht als weiteres Vertiefungsfach „Chemische Energieträger-Brennstofftechnologie“ gewählt wurde
- Module 2, 3, 4: es muss ein Modul aus 2, 3 oder 4 ausgewählt werden

### Prüfungsmodus:

Mündliche Gesamtprüfung der Modulkombination

#### 4.15.1 Modul 6405 Brennstofftechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

- Prof. Dr.-Ing. Thomas Kolb

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Pflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik (Falls nicht bereits in "Chemische Energieträger und Brennstofftechnologie gewählt)

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Umweltschutzverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, Energierohstoffe und daraus erzeugte Brennstoffe / chemische Energieträger zu charakterisieren und die Prozesse und Verfahren zur Erzeugung von chemischen Energieträgern bezüglich Verfahrenstechnik, Kosten und Umweltrelevanz kritisch zu bewerten.

##### **Inhalt**

- Überblick über die Energierohstoffe: Kohle, Öl, Gas, Biomasse - Entstehung, Vorräte, Verbrauch
- Technik der Förderung
- Charakterisierung und Analytik der Energierohstoffe und Brennstoffe
- Grundlagen, Prozesse und Verfahren zur Wandlung von Energierohstoffen in chemische Energieträger/Brennstoffe
- Prozesse und Verfahren der Brennstoff-Nutzung: Strom / Wärme, Mobilität, Synthese
- Vergleichende Bewertung von Prozessketten zur Wandlung und Nutzung von Brennstoffen auf Basis von LCA, Ökoeffizienzanalyse



### **Literatur/Lernmaterialien**

- "Die Veredlung und Umwandlung von Kohle Technologien und Projekte 1970 bis 2000 in Deutschland"; ISBN 978-3-936418-88-0
- „Grundlagen der Gastechnik“; ISBN 978-3446211094
- "Handbook of Fuels"; ISBN 978-3-527-30740-1
- „Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry“; ISBN 978-3-5273-0673-2

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22305 - Grundlagen der Brennstofftechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22306 – Übungen und Demonstrationen zu 22305, 1 SWS

#### 4.15.2 Modul 6406 Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Professor Dr.-Ing. Jürgen Schmidt

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger - Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Umweltschutzverfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind in der Lage, Risiken von technischen Anlagen systematisch abzuschätzen, Auswirkungen von möglichen Störfällen zu bewerten und geeignete sicherheitstechnische Gegenmaßnahmen zu definieren. Die Vorlesung ist in Themenblöcke aufgeteilt.

##### Risikomanagement:

Sie können ...

- mit einer technischen Risikoanalyse Gefahren einstufen
- Risiken qualitativ und quantitativ definieren und einschätzen
- mit dem Risikografen Anforderungen an Schutzeinrichtungen bestimmen
- wesentliche Inhalte / Begriffe der Störfallverordnung wiedergeben
- ein Anlagensicherheitskonzept erstellen und bewerten
- eine Sicherheitsanalyse für eine Anlage durchführen

##### Gefahrstoffe:

Sie können ...

- Wirkung / Aufnahmewege toxischer Stoffe beschreiben
- Begriffe / Vorschriften einordnen
- Einstufungen vornehmen von ...
- Gefährlichkeitsmerkmalen
- Kennzeichnungen / Verpackungen
- Sicherheitstechnischen Kenngrößen
- Grundlagen des Arbeitsschutzes anwenden (Grenzwerte / Betriebsanweisung)

Exotherme Chemische Reaktionen:

Sie können ...

- Ursachen für Durchgehreaktionen erkennen
- Gesetzliche Vorgaben anwenden
- Gefahren ermitteln und bewerten
- Sicherheitstechnische Kenngrößen festlegen
- Reaktionskalorimetrische Daten interpretieren (DTA / DWStau)
- Wärmebilanzen von Reaktoren beurteilen

Sicherheitseinrichtungen:

Sie sollen ...

- Die Bauarten und Einsatzbereiche von Sicherheitseinrichtungen kennen
- Die Funktion und Charakteristiken von Sicherheitsventilen beschreiben können
- Den Weg zur Auslegung von Sicherheitseinrichtungen im Detail wiedergeben können

Rückhalteeinrichtungen:

Sie sind in der Lage ...

- Die Bauarten und Einsatzbereiche von Rückhaltesystemen wiederzugeben
- Zyklonabscheider und Schwerkraftabscheider für Notentlastungssysteme auszulegen
- Rückhaltesysteme für Chemieanlagen sicherheitstechnisch zu bewerten
- Notkühlung und Stoppersysteme als Alternative zu Entlastungssystemen vorzuschlagen

Ausbreitung von Gefahrstoffen:

Sie sind in der Lage ...

- zu entscheiden, ob Stoffe bei Notentlastungen von Reaktoren in die Atmosphäre entlastet werden dürfen
- Einflussgrößen auf die Ausbreitung von Schadstoffen zu beschreiben
- Störfall-Beurteilungswerte zu benennen und zu erklären
- das Vorgehen bei der Ausbreitungsrechnung zu beschreiben
- Empfehlungen für die Betriebe zu geben, worauf bei der Entlastung von Gefahrstoffen zu achten ist
- vorhandene Notentlastungseinrichtungen zu bewerten

### PLT Schutzeinrichtungen:

Sie sollen ...

- PLT-Einrichtungen klassifizieren können
- die Anforderungen an eine PLT-Schutzeinrichtungen benennen können
- die Vorgehensweise zur Auslegung von PLT-Schutzeinrichtungen wiedergeben können
- den Einsatz vorhandener PLT-Schutzeinrichtungen bewerten können

### Explosionsschutz:

Sie sind in der Lage ...

- die Voraussetzungen für das Auftreten von Explosionen zu benennen
- Explosionsbereiche bei Zweistoffsystemen/Dreistoffsystemen einzugrenzen
- Sicherheitstechnische Kennzahlen wie Mindestzündenergie/Zündtemperatur und die Explosionskenngrößen ( $P_{max}$ , KG) zu definieren und die damit verbundenen Konzepte zu beschreiben
- Schutzmaßnahmen für die Vermeidung von Explosionen zu vorschlagen
- Vorhandene Schutzmaßnahmen an Anlagen zu bewerten

### Elektrostatik:

Sie sind in der Lage ...

- Die verschiedenen Formen der elektrostatischen Aufladung und Entladung von Gegenständen und Einrichtungen zu beschreiben
- Schutzmaßnahmen gegen Explosionen aufzuzeigen
- Vorhandene Schutzmaßnahmen zu bewerten und Empfehlungen für die korrekte Ausführung bei neuen Anlagen zu geben

### **Inhalt**

Einführung in den Schutz von Mensch und Umwelt vor den Gefahren von technischen Anlagen in der Chemie, Petrochemie, Pharmazie und im Bereich Öl und Gas. Durch Risikomanagement lassen sich Störfälle vermeiden und die Auswirkungen von Ereignissen begrenzen.

Risikomanagement, Handhabung von Gefahrstoffen, Vermeidung von Durchgehreaktionen bei gefährlichen chemischen Reaktionen, Auslegung von Schutzeinrichtungen für Notentlastungen wie Sicherheitsventile, Berstscheiben und nachgeschaltete Rückhalteeinrichtungen. Moderne Prozessleittechnische Systeme, Emission und Ausbreitung von Gefahrstoffen in der Atmosphäre sowie Explosionsschutz und Brandschutz.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Vorlesungsblocknote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22308 – Sicherheitstechnik für Prozesse und Anlagen

### **Allgemeine Hinweise**

Die Vorlesung wird als Blockvorlesung mit Exkursion in einen Störfallbetrieb gehalten.

### 4.15.3 Modul 6509 Hochtemperatur-Verfahrenstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger-Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden identifizieren Anforderungen an Hochtemperaturprozesse aus der Problemstellung. Durch geeignete Bilanzierung unter Berücksichtigung relevanter kinetischer Vorgänge ermitteln sie daraus die erforderlichen Prozessparameter. Sie sind fähig, hierfür geeignete Reaktoren und Prozesskomponenten auszuwählen. Somit können die Studierenden unterschiedliche Verfahren der Prozessindustrie kritisch beurteilen und Lösungen für neue Problemstellungen der HTVT systematisch entwickeln.

#### **Inhalt**

Hochtemperaturprozesse im Beispiel; Verbrennungstechnische Grundlagen; Wärmeübertragung durch Strahlung; Wärmeaustauschrechnung für Hochtemperaturanlagen; Metallische und keramische Hochtemperaturwerkstoffe; Beispiele zur Konstruktion von Hochtemperaturanlagen.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Auf aktuelle Literatur wird im Fortlauf der Vorlesung hingewiesen

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22505 – Hochtemperaturverfahrenstechnik, Vorlesung 2 SWS
- 22506 – Übung zu 22505, Übung, 1 SWS

### **Allgemeine Hinweise**

Dieses Modul behandelt die Hochtemperaturverfahrenstechnik als Querschnittsthema verschiedener verfahrenstechnischer Fachgebiete. Im Rahmen der Übungen findet die Anwendung der erlernten Grundlagen in der Prozessbeurteilung anhand konkreter Beispiele der HTVT statt.

#### 4.15.4 Modul 6512 Messtechnik in der Thermofluidodynamik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Es werden die gängigen experimentellen Methoden der Strömungs-, Konzentrations- und Temperaturmesstechnik in Theorie und Praxis vermittelt. Zunächst werden die Grundlagen der Messung der Geschwindigkeit, Druck, Dichte, Temperatur, Wärmestrom und Konzentration erläutert. Anschließend werden die Methoden zur Messung dieser Größen vorgestellt, hinsichtlich Genauigkeit und Auflösung diskutiert und in ihrer technischen Ausführung dargelegt. Insbesondere wird der Schwerpunkt auf moderne laser-optische Messverfahren einschließlich digitaler Bildverarbeitung gelegt (LDA, PDA, PIV, LIF, ...). Abschließend werden die Methoden zur Weiterverarbeitung und Analyse der Messdaten insbesondere in turbulenten Strömungen erläutert. Die Studierenden können in den kombinierten Praktikums-Übungsstunden unmittelbar die Methoden erproben.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22509 – Messtechnik in der Thermofluidodynamik, Vorlesung 2 SWS
- 22510 – Übung zu 22509 Messtechnik in der Thermofluidodynamik, 1 SWS



#### 4.15.5 Modul 6801 Energieträger aus Biomasse

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Siegfried Bajohr

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in folgenden Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger- Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Technische Biologie
- Verbrennungstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden entwickeln Prozessverständnis für Prozesse zur Umwandlung und Nutzung von Biomasse. Sie können entsprechende Prozesse bilanzieren, bewerten und weiterentwickeln. Die Betrachtung ethischer, ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen hilft den Studierenden bei der kritischen Bewertung von (neuen) Prozessen und bei deren Weiterentwicklung.

**Inhalt**

- Grundlagen der Biomasseentstehung und der Umwandlungspfade hin zu chemischen Energieträgern wie Biodiesel, Ethanol oder SNG.
- Charakterisierungsmethoden und Unterscheidungskriterien für Biomasse, nutzbare Potenziale global/national, Nachhaltigkeitsaspekte, CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale.
- Nutzung und Umwandlung von Pflanzenölen und -fetten.
- Biochemische Umwandlungsprozesse zu Ethanol und Biogas, Nutzung- und Aufbereitungsprozesse für Biogas.
- Thermochemische Biomasseumwandlung durch Pyrolyse und Vergasung; ausgewählte Synthesen (FT-, CH<sub>4</sub>-, CH<sub>3</sub>OH-, DME-Synthese).

**Literatur/Lernmaterialien**

- Kaltschmitt, M.; Hartmann (Ed.): Energie aus Biomasse, 2. Aufl., Springer Verlag 2009.
- Graf, F.; Bajohr, S. (Hrsg.): Biogas: Erzeugung – Aufbereitung – Einspeisung, 2. Aufl., Oldenbourg Industrieverlag 2013.

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 75 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22320 - Energieträger aus Biomasse / Biomass based Energy Carriers; Vorlesung 2 SWS
- 22321 - Übung zu Energieträger aus Biomasse / Exercise Biomass based Energy Carrier; 2 SWS

#### 4.15.6 Modul 6806 Grundlagen der Verbrennungstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

Einführung und Stellenwert der Verbrennungstechnik; Thermodynamik technischer Verbrennung; Stoffumsatz und Enthalpieumsatz; Gleichgewichtszusammensetzung; Verbrennungstemperatur; Kinetik von Verbrennungsvorgängen; Verbrennungstechnische Kenngrößen: Zündgrenzen, Zündtemperatur, Zündenergie, Zündverzug, Löschabstand, Flammpunkt; Reaktionsmechanismen der Verbrennung; Flammengeschwindigkeit; Thermische Flammentheorie; Turbulente Flammenausbreitung; Übersicht Brennersysteme.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22501 - Grundlagen der Verbrennungstechnik / Combustion Technology

#### 4.15.7 Modul 6807 Angewandte Verbrennungstechnik

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Nikolaos Zarzalis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern:

- Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

- Die Studenten können die verbrennungstechnischen Kennzahlen und die Eigenschaften von unterschiedlichen Flammen beschreiben und erklären.
- Die Studenten sind in der Lage die verbrennungstechnischen Kennzahlen zu benutzen, um Brenner auszulegen.
- Die Studenten sind in der Lage Brenner hinsichtlich ihrer Operabilität zu untersuchen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren.
- Die Studenten sind in der Lage das Brennverhalten im Hinblick auf die jeweilige Anwendung zu beurteilen.

##### **Inhalt**

Grundlagen der Verbrennungsvorgänge; Brennstoffe; Verbrennungstechnische Kenngrößen; Laminare Flammenfortpflanzung; Struktur und Eigenschaften stationärer laminarer und turbulenter Flammen; Flammenstabilität; Ähnlichkeitsgesetze und Skalierung von Brennern; Verbrennung von flüssigen Brennstoffen; Heterogene Verbrennung von festen Brennstoffen; Beispiele praktischer Verbrennungssysteme.

##### **Literatur/Lernmaterialien**

- F. Joos, Technische Verbrennung
- J. Warnatz, U. Maas, Technische Verbrennung
- S. R. Turns, An Introduction to Combustion

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 45 h
- Selbststudium: 25 h
- Prüfungsvorbereitung: 110 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von max. 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22503 – Angewandte Verbrennungstechnik, Vorlesung, 2 SWS
- 22504 – Übung zu 22503 Angewandte Verbrennungstechnik, 1 SWS

#### 4.15.8 Modul 7201 Verbrennung und Umwelt

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

**Inhalt**

Bedeutung des Umweltschutzes; Schadstoffe aus der Verbrennung und ihre Wirkung; Mechanismen der Schadstoffbildung; Feuerungsbezogene Maßnahmen (Primärmaßnahmen) zur Emissionsminderung; Rauchgasreinigung; Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung; Emissionen bei motorischer Verbrennung und Verbrennung in Gasturbinen.

**Lehrveranstaltungen**

- 22507 – Verbrennung und Umwelt

#### 4.15.9 Modul 7202 Auslegung einer Gasturbinenbrennkammer

**Leistungspunkte:** 6.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 3,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Nikolaos Zarzalis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern:

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

- Die Studenten sind fähig die relevanten Designparameter anzuwenden, um eine Triebwerksbrennkammer auszulegen.
- Die Studenten sind in der Lage die Auswirkung von Designänderungen bezüglich der Funktionalität, der Betriebssicherheit und des Emissionsausstoßes zu beurteilen.
- Die Studenten sind in der Lage Literaturergebnisse zu bewerten und für Ihre eigene Zwecke zu nutzen.
- Die Studenten lernen zielorientiert gemäß eines vorgegebenen Zeitplans zu arbeiten.
- Die Studenten lernen in Gruppen zu arbeiten und Informationen zwischen den Gruppen durch die Definition von Schnittstellen auszutauschen.
- Die Studenten lernen den Arbeitsfortschritt und die wichtigsten Ergebnisse klar und in angemessener Zeit zu präsentieren.

##### **Inhalt**

In vier Vorlesungsdoppelstunden werden zuerst die theoretischen Grundlagen erläutert. Diese bestehen aus der Beschreibung und Funktionsweise des Triebwerkes und der speziellen Aufgabe und Funktionsweise der Brennkammer. Danach erfolgt die Auslegung der Triebwerksbrennkammer ausgehend von vorgegebenen geometrischen Randbedingungen und Leistungsdaten eines Triebwerkes. Die speziellen Aufgaben der Auslegung sind die Aerodynamik (Luftverteilung und Druckverlust), die Wärmetechnik (Temperaturverteilung, Kühlung und Materialwahl) die Berechnung der Emissionen und die Brennkammerkonstruktion. Zu diesem Zweck bilden die Studenten Gruppen und jede Gruppe übernimmt eine Teilaufgabe. Der Arbeitsfortschritt wird anhand des erstellten Zeitplans bei regelmäßigen Präsentationen kontrolliert. Die Gesamtauslegung wird in einer abschließenden Präsentation dargestellt und diskutiert.

### **Literatur/Lernmaterialien**

- A. H. Lefebvre, Gas Turbine Combustion
- Rolls-Royce plc, the jet engine
- R. Müller, Luftstrahltriebwerke Grundlage, Charakteristiken, Arbeitsverhalten

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 20 h
- Selbststudium: 60 h
- Projekt: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 20 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von max. 30min Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

Darüber hinaus werden die Mitarbeit während des Projektes und die Präsentationen bewertet.

### **Notenbildung**

Die Modulnote setzt sich zusammen aus der Note der mündlichen Prüfung und der Mitarbeit/Präsentation während des Projektes.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22527 – Design of a jet engine combustion chamber, Seminar/Projekt



#### 4.15.10 Modul 7203 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

##### **Inhalt**

Einführung und thermodynamische Grundlagen; PEM-Brennstoffzellen; Schmelzkarbonat Brennstoffzellen (MCFC); Festoxidbrennstoffzellen (SOFC); Brennstoffzellen für flüssige und feste Brennstoffe; Wasserstoff als Energieträger; Wasserstofferzeugung; Elektrolyse; Dampfreformierung; Partielle Oxidation; Reformierverfahren für flüssige Brennstoffe; Konvertierung/Reinigung von Kohlenmonoxid; Entschwefelung; Brennstoffzellensysteme: Peripheriekomponenten und Integration.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22508 – Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien

#### 4.15.11 Modul 7205 Energietechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Horst Büchner

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Energieverfahrenstechnik
- Verbrennungstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Der Hörer kennt die thermodynamischen Grundlagen und kann darauf aufbauend thermische Energieumwandlungsprozesse in Wärmekraftmaschinen und -anlagen quantitativ beschreiben und die Effizienz der Energieumwandlung zu berechnen. Darüber hinaus können die Studierenden das Erlernete auf Beispiel ausgewählter technischer Prozesse übertragen.

#### **Inhalt**

Die Vorlesung beginnt mit einer allgemeinen Übersicht über die wichtigsten wirtschaftlichen Gesichtspunkte und Kennzahlen thermischer Energietechnik am Beispiel Deutschland. Danach werden die thermodynamischen Grundlagen für das Verständnis von Wärmekraftmaschinen besprochen und bei ausgewählten Energieumwandlungsprozessen (Stirling-Motor, Gasturbine, Dampfkraftwerk, etc.) angewendet, um so Möglichkeiten zur Steigerung des thermischen und exergetischen Wirkungsgrades wie auch des Arbeitsverhältnisses anhand von Beispielen aufzuzeigen.

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 – 25 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO.

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22511 – Energietechnik I

#### 4.15.12 Modul 5215 Wirbelschichttechnik

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes Wintersemester

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Reinhard Rauch

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach

- Chemische Energieträger - Brennstofftechnologie
- Energieverfahrenstechnik
- Gas-Partikel-Systeme

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Verständnis für Wirbelschichten, Design Berechnung und Auslegung von Wirbelschichten inkl. Gasverteiler, Vor- und Nachteile von Wirbelschichten und industrielle Anwendungen.

#### **Inhalt**

Grundlagen der Wirbelschicht, Erklärung von stationärer Wirbelschicht, zirkulierende Wirbelschicht und Zweibettwirbelschicht, Berechnung von Lockerungspunkt und Schwebegeschwindigkeit, Klassifikation von Partikeln, Design von Gasverteilerboden, theoretische Grundlagen von Blasenbildung in der Wirbelschicht, Wärmeübergang, Kaltmodelle und CFD Simulation zur Auslegung von Wirbelschichten, industrielle Beispiele von Wirbelschichten

#### **Literatur**

- Fluidized Beds, Jesse Zhu, Bo Leckner, Yi Cheng, and John R. Grace, Chapter 5 in Multiphase Flow Handbook. Sep 2005 , ISBN: 978-0-8493-1280-9, <https://doi.org/10.1201/9781420040470.ch5>
- Glicksman L.R., Hyre M., Woloshun K., "Simplified scaling relationships for fluidized beds" Powder Technology, 77, (1993)
- J. Werther, Fluidised-Bed Reactors, in Ullmanns Encyclopedia of industrial chemistry, [http://dx.doi.org/10.1002/14356007.b04\\_239.pub2](http://dx.doi.org/10.1002/14356007.b04_239.pub2)

#### **Arbeitsaufwand**

Präsenzzeit: 45 Stunden

Selbststudium 75 Stunden

Prüfungsvorbereitung und Prüfung: 60

#### **Leistungsnachweis/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

Vertiefungsfach: Energieverfahrenstechnik

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22303 – Wirbelschichttechnik, Vorlesung, 2 SWS

## 4.16 Fach 7500 Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Das Modul "Biopharmazeutische Aufarbeitsverfahren" muss bestanden sein.

Modul	Modul-Name / Titel der LV im Modul	Dozent	WS/SS	V + Ü	LP
1	<b>Industrielle Prozesstechnologie, Formulierung und Darreichung biopharmazeutischer Wirkstoffe</b> - Formulierung und Darreichung biopharmazeutischer Wirkstoffe - Industrielle Aspekte in der Bioprozesstechnologie	Hubbuch	SS	4 + 0	8
2	<b>Industrielle Prozesstechnologie und Prozessmodellierung in der Aufarbeitung</b> - Prozessmodellierung in der Aufarbeitung - Industrielle Aspekte in der Bioprozesstechnologie	Hubbuch	SS	4 + 0	8
3	<b>Formulierung und Darreichung biopharmazeutischer Wirkstoffe</b>	Hubbuch	SS	2 + 0	4
4	<b>Prozessmodellierung in der Aufarbeitung</b>	Franzreb	SS	2 + 0	4
5	<b>Ersatz menschlicher Organe durch technische Systeme</b>	Pylatiuk	SS	2 + 0	4
6	<b>Grundlagen der Medizin für Ingenieure</b>	Pylatiuk	WS	2 + 0	4
7	<b>Bioelektrochemie und Biosensoren</b>	Wörner	WS	2 + 0	4
8	<b>Biomimetische Grenzflächen und Biokonjugation</b>	Wörner	SS	2 + 0	4
9	<b>BioMEMS I</b>	Guber	WS	2 + 0	4
10	<b>BioMEMS II</b>	Guber	SS	2 + 0	4
11	<b>BioMEMS III</b>	Guber	SS	2 + 0	4
12	<b>BioMEMS IV</b>	Guber	SS	2 + 0	4
13	<b>BioMEMS V</b>	Guber	WS	2 + 0	4
14	<b>Kommerzielle Biotechnologie</b>	Mühlenbeck Kindervater	SS	2 + 0	4
15	<b>Fest- Flüssig- Trennung</b>	Anlauf	WS	3 + 1	8
16	<b>Bioprozessentwicklung</b>	Kopf	WS	2 + 0	4

**Kombinationen:**

- Modul 1 oder Modul 2 mit jeweils 2 weiteren Wahlmodulen (3 – 15) kombinieren
- Modul 3 nicht wählbar bei Wahl von Modul 1
- Modul 4 nicht wählbar bei Wahl von Modul 2

**Prüfungsmodus:**

Mündliche Prüfung der einzelnen Module

#### 4.16.1 Modul 7303 Kommerzielle Biotechnologie

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Ralf Kindervater

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Technische Biologie
- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig wissenschaftliche Ergebnisse in ein kommerzielles Umfeld in allen relevanten lebenswissenschaftlichen Industriesektoren zu übersetzen und geistiges Eigentum zu schützen. Sie können sowohl eine Management Rolle in einem großen industriellen Unternehmen einnehmen, als auch die Rolle eines Managers in einer Startup Firma. Sie können technische Entwicklungen bezogen auf den Innovationsgrad einordnen und Lücken in Wertschöpfungsketten identifizieren und schließen. Vorgegebene Firmenstrategien können analysiert und strategisch optimiert werden.

##### **Inhalt**

Blockveranstaltung mit Exkursion; Überblick Pharma-Industrie; biotechnologisch hergestellte Produkte in der Pharmaindustrie; Überblick Biotech-Industrie, mit Vergleich USA/EU/D; Finanzierung von Biotech-Unternehmen; Grundlagen der Lizenzierung am Beispiel eines Wirkstoffes; Vorbereitung und Durchführung einer Lizenzverhandlung. Überblick industrielle Biotechnologie; Biotechnologisch hergestellte Produkte der chemischen Industrie und deren Folgeprodukte, Erläuterung des Begriffes Bioökonomie und deren Konsequenzen für Wirtschaftssysteme. Definition des Begriffes Wertschöpfungskette. Erläuterung des Ablaufes einer Firmengründung. Vorstellung und strategische Analyse von 12 Biotech Firmen aus Baden-Württemberg. Vorstellung und Diskussion möglicher Berufswege als Bioverfahrenstechniker in den Branchen Pharma, Medizintechnik, Biotechnologie, chemische Industrie, Verbände, Ausbildung, Lehre und öffentliche Forschung.

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO Master.

Bei großer Teilnehmerzahl bzw. bei Prüfungen im Technischen Erfängzungsfach alternativ eine schriftliche Prüfung im Umfang von 60 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 SPO.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen bzw. mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22413 - Kommerzielle Biotechnologie

#### 4.16.2 Modul 7501 Industrielle Prozesstechnologie, Formulierung und

##### **Darreichung biopharmazeutischer Produkte**

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS      **Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester      **Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Jürgen Hubbuch

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Inhalt**

- Grundlagen; Wirkstoffentwicklung; LADME; Verabreichungsformen: Oral, Parenteral, Dermal, Nasal, Pulmonal.
- Angewandte Themen aus dem Feld der Bioprozesstechnologie.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22712 - Formulierung und Darreichung biopharmazeutischer Wirkstoffe
- 22710 - Industrielle Aspekte in der Bioprozesstechnologie

### 4.16.3 Modul 7502 Industrielle Prozesstechnologie und Prozessmodellierung in der Aufarbeitung

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Jürgen Hubbuch

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Inhalt**

Angewandte Themen aus dem Feld der Bioprozesstechnologie.

Grundlagen und praktische Übungen zur Chromatografie-modellierung, Auslegung von 'Simulated Moving Bed (SMB)' -Systemen, Versuchsplanung (DOE).

#### **Lehrveranstaltungen**

- 22710 - Industrielle Aspekte in der Bioprozesstechnologie
- 22717 - Prozessmodellierung in der Bioproduktaufarbeitung



#### 4.16.4 Modul 7503 Formulierung und Darreichung biopharmazeutischer Wirkstoffe

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Jürgen Hubbuch

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

**Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

**Inhalt**

Grundlagen; Wirkstoffentwicklung; LADME; Verabreichungsformen: Oral, Parenteral, Dermal, Nasal, Pulmonal.

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

**Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

**Lehrveranstaltungen**

- 22712 Formulierung und Darreichung biopharmazeutischer Wirkstoffe

#### 4.16.5 Modul 7504 Prozessmodellierung in der Aufarbeitung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Matthias Franzreb

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die für die Chromatografiemodellierung notwendigen Gleichgewichts- und Kinetikgleichungen darlegen und interpretieren. Sie können verdeutlichen welche Methoden zur Bestimmung der Gleichgewichts- und Kinetikparameter zum Einsatz kommen und diese an Beispielen erörtern. Sie verstehen die Funktionsweise komplexer Aufreinigungsverfahren wie „Simulated Moving Bed“ und können die Unterschiede zur klassischen Chromatografie beschreiben. Die Studierenden können unter Einsatz einer Modellierungssoftware praxisrelevante Chromatografieprozesse simulieren und die Ergebnisse analysieren. Auf dieser Grundlage können sie Prozessparameter optimieren und an verschiedene Zielgrößen wie Reinheit oder Ausbeute anpassen. Die Studierenden sind in der Lage die unterschiedlichen Verfahren zu beurteilen und die für eine vorgegebene Aufgabenstellung beste Variante auszuwählen.

##### **Inhalt**

Grundlagen und praktische Übungen zur Chromatografie-modellierung, Auslegung von ‚Simulated Moving Bed (SMB)‘ -Systemen, Versuchsplanung (DOE)

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30h
- Selbststudium: 60h
- Prüfungsvorbereitung: 30h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 20 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

##### **Lehrveranstaltungen**

- 22717 - Prozessmodellierung in der Bioproduktaufarbeitung

#### 4.16.6 Modul 7505 Ersatz menschlicher Organe durch technische Systeme

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr. med. Christian Pylatiuk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse zur Funktionsweise von Organunterstützungssystemen und deren Komponenten an. Die Entwicklungshistorie kann analysiert und Lösungen für die Limitationen aktueller Systeme gefunden werden. Die Möglichkeiten und Grenzen der Transplantation sind den Studierenden bekannt.

##### **Inhalt**

Einführung: Definition und Klassifikation, Organunterstützung und Organersatz. Spezielle Themen: Hörprothesen, Sehprothesen, Exoskelette, Neuroprothesen, Endoprothesen, Tissueengineering, Hämodialyse, Herz-Lungen-Maschine, Kunstherzen, Biomaterialien.

##### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 30 h
- Selbststudium: 30h
- Prüfungsvorbereitung: 60h

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 SPO.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung

##### **Lehrveranstaltungen**

- 2106008 -Ersatz menschlicher Organe durch technische Systeme

#### 4.16.7 Modul 7506 Grundlagen der Medizin für Ingenieure

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

##### **Modulverantwortlicher**

Dr. med. Christian Pylatiuk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

##### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

##### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse zur Funktionsweise und zum anatomischen Bau von Organen, die unterschiedlichen medizinischen Disziplinen zugeordnet sind. Weiterhin kennen sie technische Verfahren in der Diagnostik und Therapie, häufige Krankheitsbilder, deren Relevanz und Kostenfaktoren im Gesundheitswesen. Die Studierenden können in einer Art und Weise mit Ärzten kommunizieren, bei der sie Missverständnisse vermeiden und beidseitige Erwartungen realistischer einschätzen können.

##### **Inhalt**

Medizin und Paradigmenwechsel hin zu „Evidenzbasierte Medizin“ und „Personalisierte Medizin“. Spezielle Themen: Nervensystem, Reizleitung, Bewegungsapparat, Herz-Kreislaufsystem, Narkose, Schmerzen, Atmungssystem, Sinnesorgane, Gynäkologie, Verdauungsorgane, Chirurgie, Nephrologie, Orthopädie, Immunsystem, Genetik

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine schriftliche Prüfung nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 SPO.

##### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung

##### **Lehrveranstaltungen**

- 2105992 – Grundlagen der Medizin für Ingenieure

#### 4.16.8 Modul 7507 BioMEMS I - Mikrosystemtechnik für Life-Sciences und Medizin

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

##### **Modulverantwortlicher**

Dr. med. Christian Pylatiuk

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

##### **Inhalt**

Einführung in die verschiedenen mikrotechnischen Fertigungsverfahren: LIGA, Zerspanen, Silizium-Mikrotechnik, Laser-Mikromaterialbearbeitung,  $\mu$ EDM-Technik, Elektrochemisches Metallätzen

Biomaterialien, Sterilisationsverfahren.

Beispiele aus dem Life-Science-Bereich: mikrofluidische Grundstrukturen: Mikrokanäle, Mikrofilter, Mikrovermischer, Mikropumpen- und Mikroventile, Mikro- und Nanotiterplatten, Mikroanalysesysteme ( $\mu$ TAS), Lab-on-Chip-Anwendungen.

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Literatur/ Lernmaterialien**

- Menz, W., Mohr, J., O. Paul: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH-Verlag, Weinheim, 2005
- M. Madou: Fundamentals of Microfabrication

##### **Arbeitsaufwand**

- Literaturarbeit: 20 h
- Präsenzzeit: 21 h
- Vor- und Nachbearbeitung: 50h
- Prüfungsvorbereitung: 30h

##### **Lehrveranstaltungen**

- 2141864 - BioMEMS - Mikrosystemtechnik für Life-Sciences und Medizin I

#### 4.16.9 Modul 7508 BioMEMS II

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

##### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Andreas Guber

##### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

##### **Inhalt**

Im Rahmen der Vorlesung werden zunächst auf die relevanten mikrotechnischen Fertigungsmethoden kurz umrissen und anschließend werden ausgewählte biomedizinische Anwendungen vorgestellt, da der zunehmende Einsatz von Mikrostrukturen und Mikrosystemen in den Life-Sciences und der Medizin zu verbesserten medizintechnischen Produkten, Instrumentarien sowie Operations- und Analysesystemen führt.

Einsatzbeispiele aus den Life-Sciences und der Medizin: Mikrofluidische Systeme:

- Lab-CD, Proteinkristallisation,
- Microarray, BioChips
- Tissue Engineering
- Biohybride Zell-Chip-Systeme
- Drug Delivery Systeme
- Mikroverfahrenstechnik, Mikroreaktoren
- Mikrofluidische Messzellen für FTIR-spektroskopische Untersuchungen
- in der Mikroverfahrenstechnik und in der Biologie
- Mikrosystemtechnik für Anästhesie, Intensivmedizin (Monitoring)
- und Infusionstherapie
- Atemgas-Analyse / Atemluft-Diagnostik
- Neurobionik / Neuroprothetik
- Nano-Chirurgie

##### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

##### **Literatur/ Lernmaterialien**

- Menz, W., Mohr, J., O. Paul: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH-Verlag, Weinheim, 2005
- Buess, G.: Operationslehre in der endoskopischen Chirurgie, Band I und II;Springer-Verlag, 1994
- M. Madou: Fundamentals of Microfabrication

##### **Arbeitsaufwand**

- Literaturarbeit: 20 h
- Präsenzzeit: 21 h
- Vor- und Nachbearbeitung: 50h
- Prüfungsvorbereitung: 30h

##### **Lehrveranstaltungen**

- 2142883 - BioMEMS-Mikrosystemtechnik für Life-Sciences und Medizin II

#### 4.16.10 Modul 7509 BioMEMS III

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Andreas Guber

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

#### **Inhalt**

Im Rahmen der Vorlesung werden zunächst die relevanten mikrotechnischen Fertigungsmethoden umrissen und anschließend werden ausgewählte biomedizinische Anwendungen vorgestellt, da der zunehmende Einsatz von Mikrostrukturen und Mikrosystemen in den Life-Sciences und der Medizin zu verbesserten medizintechnischen Produkten, Instrumentarien sowie Operations- und Analysesystemen führt.

Einsatzbeispiele aus dem Bereich der operativen Minimal Invasiven Therapie (MIT):

- Minimal Invasive Chirurgie (MIC)
- Neurochirurgie / Neuroendoskopie
- Interventionelle Kardiologie / Interventionelle Gefäßtherapie
- NOTES
- Operationsroboter und Endosysteme
- Zulassung von Medizinprodukten (Medizinproduktgesetz) und Qualitätsmanagement

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Literatur/ Lernmaterialien**

- Menz, W., Mohr, J., O. Paul: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH-Verlag, Weinheim, 2005
- Buess, G.: Operationslehre in der endoskopischen Chirurgie, Band I und II; Springer-Verlag, 1994
- M. Madou: Fundamentals of Microfabrication

#### **Arbeitsaufwand**

- Literaturarbeit: 20 h
- Präsenzzeit: 21 h
- Vor- und Nachbearbeitung: 50h
- Prüfungsvorbereitung: 30h

#### **Lehrveranstaltungen**

- 2142879 - BioMEMS-Mikrosystemtechnik für Life-Sciences und Medizin III

#### 4.16.11 Modul 7510 BioMEMS IV – Beispiele und Anwendungen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Andreas Guber

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

**Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

**Lehrveranstaltungen**

- 2141102 - BioMEMS-Mikrosystemtechnik für Life-Sciences und Medizin IV



#### 4.16.12 Modul 7511 BioMEMS V Neurovaskuläre Interventionen

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. Andreas Guber

**Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

**Lehrveranstaltungen**

- 2100001 – Neurovaskuläre Interventionen (BioMEMS V)

#### 4.16.13 Modul 7706 Bioelektrochemie und Biosensoren

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Michael Wörner

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik
- Technische Biologie

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden sind fähig, Strategien zur Kopplung von Elektrochemie und Biotechnologie zu entwickeln und zu beurteilen, insbesondere für das Design von Biosensoren, für Anwendungen im Bereich der Energiewandlung/Energiespeicherung und der bioorganischen Wertstoffsynthese.

#### **Inhalt**

Elektrochemische Kinetik und Elektrochemische Techniken in der Bioanalytik; Elektrochemische Prinzipien in der Biologie und biologische Aspekte der Elektrochemie; Elektrochemie von Redoxenzymen; Biosensoren; Biobrennstoffzellen; Bioelektrosynthese; Biologische Membranen und biomimetische Membransysteme; Photobioelektrochemie und biomimetische Photovoltaik;

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- Electrochemistry: Principles, Methods, and Applications
- Christopher M.A. Brett, Oxford University Press;
- Bioelectrochemistry: Fundamentals, Experimental Techniques and Applications, Philip Bartlett, John Wiley & Sons
- Bioelectrochemistry, Encyclopedia of Electrochemistry, 11 Volume Set: Encyclopedia of Electrochemistry, Volume 9, Wiley-VCHVerlag GmbH

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 24 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 90 h

Vertiefungsfach: Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung

### **Lehrveranstaltungen**

- 22708 Bioelektrochemie und Biosensoren

#### 4.16.14 Modul 7707 Biomimetische Grenzflächen und Biokonjugation

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, SS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr. Michael Wörner

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht im Vertiefungsfach "Biopharmazeutische Verfahrenstechnik"

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden erlangen die Fähigkeit, Strategien und geeignete Methoden zur Biokonjugation von Grenzflächen und Nanopartikeln für definierte Applikation in den Life Sciences zu entwickeln. Die Studierenden können Erkenntnisse aus der biologischen Forschung in technische Anwendungen umsetzen.

#### **Inhalt**

Design und Anwendungen von biomimetischen Membranen; Biokonjugation und Biofunktionalisierung von Grenzflächen; Techniken für die Charakterisierung von biomimetischen Systemen; Synthese, Stabilisierung und Biokonjugation von Nanopartikeln; Anwendung von biofunktionalisierten Nanopartikeln in den Life Sciences;

#### **Literatur/Lernmaterialien**

- Nanotechnologies for the Life Sciences, Vol. 1: Biofunctionalization of Nanomaterials, C. Kumar, Wiley-VCH Verlag GmbH;
- Chemistry of Bioconjugates (Synthesis, Characterization, and Biomedical Applications), R. Narain, John Wiley & Sons;

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 24 h
- Selbststudium: 45 h
- Prüfungsvorbereitung: 90 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO

#### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

#### **Lehrveranstaltungen**

22716 Biomimetik und Biokonjugation

#### 4.16.15 Modul 6301 Fest Flüssig Trennung

**Leistungspunkte:** 8.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 4,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Harald Anlauf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Ein Wahlpflichtfach wird für das Vertiefungsfach nicht gefordert.

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die grundlegenden Gesetze und daraus folgende physikalischen Prinzipien der Abtrennung von Partikeln aus Flüssigkeiten anwenden und nicht nur den prinzipiell dafür geeigneten Trennapparaten zuordnen, sondern auch speziellen Varianten. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Produkt-, Betriebs- und Konstruktionsparametern auf verschiedene Trenntechniken anzuwenden. Sie können Trennprobleme mit wissenschaftlichen Methoden analysieren und alternative Lösungsvorschläge angeben.

#### **Inhalt**

Physikalische Grundlagen, Apparate, Anwendungen, Strategien; Charakterisierung von Partikelsystemen und Suspensionen; Vorbehandlungsmethoden zur Verbesserung der Trennbarkeit von Suspensionen; Grundlagen, Apparate und Anlagentechnik der statischen und zentrifugalen Sedimentation, Flotation, Tiefenfiltration, Querstromfiltration, Kuchenbildenden Vakuum und Gasüberdruckfiltration, Filterzentrifugen und Pressfilter; Filtermedien; Auswahlkriterien und Dimensionierungsmethoden für trenntechnische Apparate und Maschinen; Kombinationsschaltungen; Rechenbeispiele zur Lösung trenntechnischer Aufgabenstellungen.

#### **Literatur/Lernmaterialien**

Anlauf: Skriptum "Mechanische Separationstechnik - Fest/Flüssig-Trennung"

#### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 H (Vorlesung 3 SWS, Übung 1SWS)
- Selbststudium: 80 h
- Prüfungsvorbereitung: 100 h

#### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten nach § 4 (2) Nr. 2 SPO.

### **Notenbildung**

Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen**

- 22987- Mechanische Separationstechnik, Vorlesung 3 SWS
- 22988 - Übung zu 22987, Übung 1 SWS

#### 4.16.16 Modul 5220 Bioprozessentwicklung

**Leistungspunkte:** 4.00 ECTS

**Semesterwochenstunden:** 2,0 Std.

**Moduldauer:** 1 Semester

**Modulturnus:** jedes 2. Semester, WS

**Sprache:** Deutsch

#### **Modulverantwortlicher**

Prof. Michael-Helmut Kopf

#### **Einordnung in Studiengang/ -fach**

Wahlpflicht in den Vertiefungsfächern

- Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik
- Biopharmazeutische Verfahrenstechnik

#### **Voraussetzungen/Empfehlungen**

Keine

#### **Qualifikationsziele**

Die Studierenden:

- erhalten Kenntnis in Theorie und Anwendung von Prozesse und Techniken zur Entwicklung industrieller, bio-basierter Verfahren.
- erhalten Einsicht in den Ablauf der Entwicklung eines large-scale (zweistellige kt/a) industriellen Bioprozesses.
- lernen theoretisches Verständnis und praktische Anwendung (am relevanten Beispiel) zu kombinieren.
- verstehen die relevant einer techno-ökonomischen Bewertung als Basis der Entwicklung wettbewerbsfähiger Prozesse.

#### **Inhalt**

- Ablauf einer Prozessentwicklung (neuer / alternativer Prozess) hin zu einem bio-basierten Produktionsprozess:  
Ideation, Basiskonzept, kritische Analyse, Entwicklungsstationen
- Value Proposition des neuen Produktes / Prozesses:  
Qualität, Leistungsmerkmale, Preis, Eco-efficiency, Regionale Aspekte
- Kritische Aspekte im Entwicklungsprozess:  
Rohstofffragen, "Design to Cost", Spezifikation & Leistung, Regulatorik Eco-efficiency (Rohstoff- u. Energieeffizienz)
- Vom Labor in die Produktion (Schwerpunkt der Vorlesung):  
Phasen der Prozessentwicklung: Suchforschung, Proof of Principle, Proof of Concept, Scale-up, Apparatedesign, Anlagendesign, Produktion
- Competitor Intelligence:  
Wettbewerber und deren Prozesse, alternative Produkte mit ähnlicher / gleicher Anwendung.
- Benchmarking als Entwicklungswerkzeug:  
Cost Benchmarking (CoP) als Entwicklungswerkzeug zur Identifikation von Entwicklungspotenzialen.
- Produktionsszenarien:  
Eigene Investition, Toller, Produktionspartner

### **Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit: 60 h
- Selbststudium: 60 h
- Prüfungsvorbereitung: 60 h

### **Leistungsnachweise/Prüfungen**

Erfolgskontrolle ist eine mündliche Prüfung im Umfang von 30 Minuten nach § 4 Abs. 2 Nr. 2 SPO 2016.

### **Notenbildung**

Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### **Lehr- und Lernformen**

- 22933 Bioprozessentwicklung