



# Modulhandbuch

---

*Master-Studiengang Energie- und Umwelttechnik*



# **Pflichtmodule**

## **1. Semester**

---

### **Modul: Numerische Methoden**

Lehrveranstaltungen:

| <u>Titel</u>               | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|----------------------------|------------|------------|
| Numerische Methoden        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Numerische Methoden | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Voß

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Vertiefte Kenntnisse in Analysis und Lineare Algebra

**Qualifikationsziele:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die grundlegenden numerischen Methoden und können mit ihnen Anwendungsprobleme der Ingenieurwissenschaften lösen.

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Schriftliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 78

---

### **Lehrveranstaltung: Numerische Methoden**

**Dozent:**

Prof. Dr. Heinrich Voß

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

Die wichtigsten numerischen Methoden aus den Gebieten

- Fehleranalyse
- Interpolation
- Quadratur
- Lineare Gleichungssysteme
- Lineare Ausgleichsproblems
- Eigenwertaufgaben
- Nichtlineare Gleichungssysteme
- Anfangswertaufgaben gewöhnlicher Differentialgleichungen
- Randwertaufgaben gewöhnlicher Differentialgleichungen

**Literatur:**

H. Voss: Grundlagen der Numerischen Mathematik, Skript TU Hamburg-Harburg 2007

M. Bollhöfer, V. Mehrmann: Numerische Mathematik. Vieweg, Wiesbaden 2004

---

**Modul: Strömungsmechanik II****Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                       | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|------------------------------------|------------|------------|
| Strömungsmechanik II               | Vorlesung  | 2          |
| Hörsaalübung: Strömungsmechanik II | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Dr.-Ing. M. Schlüter

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Grundkenntnisse der Strömungsmechanik

**Qualifikationsziele:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren dieser Vorlesung sollten die Studierenden in der Lage sein

- Den Wärme- und Stofftransport in inkompressiblen und kompressiblen Fluiden zu beschreiben und mathematisch zu modellieren
- Die Bedeutung von Mikrovermischung und skalenübergreifenden Transportprozessen zu verstehen
- Grundkenntnisse der lokalen Wechselwirkungen in Mehrphasensystemen zu erläutern.
- Das Erlernte auf Beispiele aus der Bioverfahrenstechnik, Chemischen Verfahrenstechnik und Energieverfahrenstechnik anzuwenden

**ECTS-Leistungspunkte:**

5

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Schriftliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 108

---

**Lehrveranstaltung: Strömungsmechanik II****Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. M. Schlüter

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Rohrströmung (kompressibel, verdünnte Gase, Widerstandsminderung)
- Grenzschichttheorie (turbulente Grenzschichten)
- Strömungsstrukturen (Prandtl'scher Mischungsweg, Kolmogorovsche Wirbelkaskade, Mikrovermischung, skalenübergreifende Transportprozesse)
- Ebene und räumliche Strömungen

- Umströmung von starren/formdynamischen Partikeln (Strömungsablösung, Wirbelschleppen, Umströmung von porösen Medien)
- Einführung in Mehrphasenströmungen (Gas/Feststoff, Flüssig/Feststoff, Flüssig/Flüssig, Flüssig/Gas/Feststoff)
- Einführung in die numerische Strömungssimulation

#### Literatur:

- Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.
- Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972.
- Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009.
- Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.
- Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley & Sons, 1994.
- Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.
- Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.
- Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007
- Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.
- Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007.
- Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.
- Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006.
- van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882.

## **Modul: Apparatebau - Wärmeübertrager- Hochdrucktechnik**

### Lehrveranstaltungen:

| <u>Titel</u>  | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|---|------------|------------|
| Apparatebau - Wärmeübertrager- Hochdrucktechnik               | Vorlesung  | 2          |
| Hörsaalübung: Apparatebau - Wärmeübertrager- Hochdrucktechnik | Übung      | 1          |

### Modulverantwortlich:

Prof. Eggers

### Zulassungsvoraussetzung:

keine

### Empfohlene Vorkenntnisse:

Elemente des Apparatebaus I und II, Wärme - und Stoffübertragung I

### Qualifikationsziele:

Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage, Bauelemente des Apparatebaus in Berechnung und Konstruktion für die Gestaltung von Wärmeübertragern und Hochdruckbehältern nach den gültigen technischen Regeln einzusetzen.

### ECTS-Leistungspunkte:

4

### Prüfungsart:

Modulprüfung

### Studien/Prüfungsleistungen:

Klausur

### Arbeitsaufwand in Stunden:

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 78

---

## **Lehrveranstaltung: Apparatebau - Wärmeübertrager - Hochdrucktechnik**

### **Dozent:**

Herr Prof. Dr. Ing. Rudolf Eggers

### **Sprache:**

Deutsch

### **Zeitraum:**

Wintersemester

### **Inhalt:**

1. Einleitung – Arbeitsweise und Technische Regeln im Apparatebau
2. Spannungszustände – Werkstoffe – Festigkeitshypothese
3. Festigkeitsberechnungen: Hohlzylinder – Platten – Schalen
4. Rohrleitungen – Verbindungselemente – Armaturen
5. Fluidmaschinen: Pumpen – Verdichter; Kennlinien und Wirkungsgrade
6. Bauarten und Einsatzgebiete von Pumpen und Verdichtern
7. Wärmeübertrager: Einteilung und Bauarten
8. Wärmeübertrager: Wärmebilanzen und Temperaturverläufe
9. Wärmeübertrager: Spezifikation und Auslegung (I)
10. Wärmeübertrager: Spezifikation und Auslegung (II)
11. Hochdrucktechnik: Druckbehälter – Spannungsverlauf
12. Hochdrucktechnik: Druckbehälter – Bauarten
13. Hochdrucktechnik: Druckbehälter – Einbauten – Beheizung – Kühlung
14. Hochdrucktechnik: Druckbehälter – Verschlussysteme – Sicherheitseinrichtung

### **Literatur:**

Buchter: Apparate und Armaturen in der chemischen Hochdrucktechnik, Springer Verlag

Spain and Paauwe: High Pressure Technology, Vol. I und II, M. Dekker Verlag

AD-Merkblätter, Heymanns Verlag

Bertucco; Vetter: High Pressure Process Technology, Elsevier Verlag

Sherman; Stadtmüller: Experimental Techniques in High-Pressure Research, Wiley & Sons Verlag

Klapp: Apparate- und Anlagentechnik, Springer Verlag

---

## **Modul: Fluidverfahrenstechnik**

### **Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                         | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|--------------------------------------|------------|------------|
| Fluidverfahrenstechnik               | Vorlesung  | 2          |
| Hörsaalübung: Fluidverfahrenstechnik | Übung      | 1          |

### **Modulverantwortlich:**

Prof. Smirnova

### **Zulassungsvoraussetzung:**

Keine

### **Empfohlene Vorkenntnisse:**

Mischphasenthermodynamik

### **Qualifikationsziele:**

Verständnis der Trennprozesse fluider Gemische,

Beherrschen von Methoden zur trenntechnischen Auslegung von Trennungen und Trennapparaten.

### **ECTS-Leistungspunkte:**

5

**Prüfungsart:**

Teilleistung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Schriftliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 108

---

## **Lehrveranstaltung: Fluidverfahrenstechnik**

**Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. habil. Irina Smirnova

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

Einführung in die Fluidverfahrenstechnik (thermische Verfahrenstechnik), Grundzüge von Trennprozessen, einfache Gleichgewichtsprozesse, Vielstufenprozesse, Rektifikation (Mehrstufendestillation) binärer Gemische, Verallgemeinerungen der Trennung binärer Gemische in Mehrstufenprozessen. Trennungen in verdünnten Systemen, Empirische Beziehungen, gekrümmte Arbeitslinien, Enthalpie-Konzentrations-Diagramm, Trennungen in ternären Systemen, Dreiecksdiagramm - Extraktion, Mehrkomponententrennungen einschließlich komplexer Gemische, Trennungen mit schnellen Reaktionen, Auslegung von Trennapparaten ohne diskrete Stufen, Kapazität von Trennapparaten.

**Literatur:**

J. King: *Separation Processes*, McGraw-Hill, 2. Aufl. 1980

Sattler: *Thermische Trennverfahren*, VCH, Weinheim 1995

J.D. Seader, E.J. Henley: *Separation Process Principles*, Wiley, New York, 1998.

Mersmann: *Thermische Verfahrenstechnik*, Springer, 1980

Grassmann, Widmer, Sinn: *Einführung in die Thermische Verfahrenstechnik*, 3. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin 1997

Brunner, G.: Gas extraction. An introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes. Steinkopff, Darmstadt; Springer, New York; 1994. ISBN 3-7985-0944-1; ISBN 0-387-91477-3.

R. Goedecke (Hrsg.): Fluid-Verfahrenstechnik, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2006.

Perry's Chemical Engineers' Handbook, R.H. Perry, D.W. Green, J.O. Maloney (Hrsg.), 6th ed., McGraw-Hill, New York 1984

Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie

## **2. Semester**

---

### **Modul: Umweltbewertung**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>           | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|------------------------|------------|------------|
| Umweltbewertung        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Umweltbewertung | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Kaltschmitt

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Kenntnisse der Umwelt- und Energieproblematik, Wirkungen von Schadstoffen, Grundlagen der Umwelttechnik

**Qualifikationsziele:**

Vertiefte Kenntnisse interdisziplinärer Zusammenhänge und der Einordnung des Fachgebietes in das wissenschaftliche und gesellschaftliche Umfeld. Grundlegende Kenntnisse für die Anwendung im betrieblichen Umweltschutz.

Theoriegeleitetes Anwenden sehr anspruchsvoller Methoden und Verfahren des Fachgebietes.

Bewerten unterschiedlicher Lösungsansätze in mehrdimensionalen Entscheidungsräumen.

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Klausur

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 28, Eigenstudium: 92

---

**Lehrveranstaltung: Umweltbewertung****Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt, PD Dr.-Ing. Wolfgang Ahlf

**Sprache:**

Englisch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Einführung
- Ökobilanz, SEE-Analyse
- Produktlinienanalyse, Stoffflussanalyse
- Technikfolgenabschätzung, Life-Cycle Management, Umweltmanagementsysteme
- Auditierung, Umweltlabels, Management und Audit Scheme (EMAS)
- Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), Strategische Umweltprüfung (SUP)
- Gesetzliche Regelungen, Umweltschutz in der Praxis

**Literatur:**

Kopien der Folien

---

**Modul: Partikeltechnologie II****Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                  | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|-------------------------------|------------|------------|
| Partikeltechnologie II        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Partikeltechnologie II | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Heinrich

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Kenntnis der theoretischen Grundlagen der Feststoffverfahrenstechnik

---

**Qualifikationsziele:**

- Vertiefte Kenntnisse der Theorien und Methoden der Feststoffverfahrenstechnik
- Kompetenz zur Analyse von Problemen der Feststoffverfahrenstechnik und zur Erarbeitung von Lösungsansätzen
- Kenntnisse über Methoden zur Behandlung und Lösung von Populationsbilanzen
- Kenntnisse über Methoden zur Simulation von Fluid/Feststoff-Strömungen

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Teilleistung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Prüfungsform siehe Lehrveranstaltungen

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 84, Eigenstudium: 78

---

**Lehrveranstaltung: Partikeltechnologie II****Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Stefan Heinrich

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Kontaktkräfte, interpartikuläre Kräfte
- vertiefte Behandlung von Kornzerkleinerung
- CFD Methoden zur Beschreibung von Fluid/Feststoffströmungen, Euler/Euler-Methode, Discrete Particle Modeling
- Behandlung von Problemen mit verteilten Stoffeigenschaften, Lösung von Populationsbilanzen

**Studien/Prüfungsleistungen:**

schriftliche Prüfung

**Literatur:**

Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990.

Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.

---

**Modul: Grundlagen der Verbrennungstechnik****Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                              | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|---|------------|------------|
| Grundlagen der Verbrennungstechnik        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Grundlagen der Verbrennungstechnik | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Kather

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Erweiterte Grundlagen der Thermodynamik, Wärmeübertragung und Strömungsmechanik

**Qualifikationsziele:**

Verständnis der thermodynamischen und chemischen Prozesse bei Verbrennungsvorgängen, Ableitung von Maßnahmen zur Flammenstabilisierung, Definition von Aufgabe und Aufbau von Kohlenstaubbrennern, Beurteilen von Primärmaßnahmen zur Emissionsreduzierung

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Schriftliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 45, Eigenstudium: 75

---

**Lehrveranstaltung: Grundlagen der Verbrennungstechnik****Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Alfons Kather

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

1. Einleitung
2. Thermodynamische und chemische Grundlagen
3. Brennstoffe
4. Reaktionen, Gleichgewichte
5. Reaktionskinetik
6. Vormischflammen
7. Nicht-vorgemischte Flammen
8. Feuerungen für gasförmige Brennstoffe
9. Feuerungen für flüssige Brennstoffe
10. Feuerungen für feste Brennstoffe
11. Feuerraumauslegung
12. NO<sub>x</sub>-Minderung

**Literatur:**

Warnatz Jürgen, Maas Ulrich, Dibble Robert W.: *Technische Verbrennung: physikalisch-chemische Grundlagen, Modellbildung, Schadstoffentstehung*. Berlin [u. a.], Springer 2001

---

**Modul: Labor EUT II****Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>  | <u>Typ</u>     | <u>SWS</u> |
|---|----------------|------------|
| Laborpraktikum: Labor Energie- und Umwelttechnik II | Laborpraktikum | 3          |

**Modulverantwortlich:**

Heinz Herwig

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Labor Energie- und Umwelttechnik I oder vergleichbare Studienleistung

**Qualifikationsziele:**

Das Labor dient zur Vertiefung und Anwendung der im Bachelor-Studium erworbenen Grundkenntnisse in umwelt- und energietechnischen Fragestellungen. Es werden in Kleingruppen Experimente zu umwelttechnischen Analyseverfahren und an energietechnischen Anlagen bzw. Komponenten durchgeführt.

**ECTS-Leistungspunkte:**

3

**Prüfungsart:**

Modulnachweis

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Testat

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 45, Eigenstudium: 45

---

**Lehrveranstaltung: Labor Energie- und Umwelttechnik II****Dozent:**

Wolfgang Calmano, Heinz Herwig, Rudolf Müller, Gerhard Schmitz, Irina Smirnova

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

In diesem Labor werden die folgenden Versuche angeboten:

- Energiebilanz an einem Brennwertkessel
- Wärmeübertragung an ebenen Platten
- Komplexbildung von Schwermetallen
- Biologischer Abbau von Schadstoffen
- Absorption

**Literatur:**

Hering, L.; Hering, H.: *Technische Berichte. Verständlich gliedern, gut gestalten, überzeugend vortragen*. 6., aktualisierte und erw. Aufl. - Wiesbaden : Vieweg + Teubner, 2009

### **3. Semester**

---

**Modul: Projektierungskurs****Modulverantwortlich:**

Ein Institutsleiter der Verfahrenstechnik

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Alle Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, die in den Semestern 1 und 2 vermittelt werden

**Qualifikationsziele:**

Die Studierenden sind in der Lage, ein Teilprojekt zur Auslegung einer verfahrenstechnischen Industrieanlage innerhalb einer vorgegebenen Frist in selbst organisierten Teams abzuschließen. Sie haben die Fähigkeit, die Teilprojekte so aufeinander abzustimmen, dass eine stimmige, funktionierende Gesamtplanung entsteht. Sie können einen Projektbericht korrekt abfassen und dessen Ergebnisse präsentieren.

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulnachweis

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Schriftlicher Projektbericht und Abschlusspräsentation

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Eigenstudium: 120

---

**Modul: Projektarbeit****Modulverantwortlich:**

Ein Professor der TUHH

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Alle Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, die in den Semestern 1 und 2 vermittelt werden

**Qualifikationsziele:**

Die Studierenden beherrschen das wissenschaftliche Arbeiten. Sie sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine Forschungsfrage aus ihrem Fach selbstständig mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten, und haben die Fähigkeit, theorieorientierte Lösungen für technische Aufgabenstellungen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, ökologischer, ethischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte zu entwickeln.

**ECTS-Leistungspunkte:**

10

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Projektarbeit und mündliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Eigenstudium: 300

---

## **4. Semester**

---

**Modul: Masterarbeit****Modulverantwortlich:**

Ein Professor der TUHH

**Zulassungsvoraussetzung:**

Leistungen im Studiengang für mindestens 80 ECTS erbracht

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Alle Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, die in den Semestern 1 - 3 vermittelt werden

**Qualifikationsziele:**

Die Absolventen beherrschen das wissenschaftliche Arbeiten und können einen Forschungsbericht abfassen. Sie sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine grundlagenorientierte Problemstellung aus der Forschung ihres Faches selbstständig mit anspruchsvollen wissenschaftlichen Methoden und Verfahren zu bearbeiten. Sie haben die Fähigkeit, mögliche Lösungsansätze zu analysieren und kritisch zu bewerten. Sie können Ihre Arbeit in den Kontext der aktuellen Forschung einordnen.

**ECTS-Leistungspunkte:**

30

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Thesis und Vortrag

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Eigenstudium: 900

## **Wahlpflichtmodule Energietechnik**

### **Wintersemester**

---

#### **Modul: Systemsimulation**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                   | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|--------------------------------|------------|------------|
| Systemsimulation               | Vorlesung  | 2          |
| Hörsaalübung: Systemsimulation | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Ackermann

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Vorlesungen Elektrische Maschinen, Thermodynamik I/II, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung

**Qualifikationsziele:**

Vertiefte Kenntnisse zur mathematischen und physikalischen Modellierung verknüpft mit einem breiten theoretischen und methodischen Fundament.

Theoriegeleitetes Anwenden sehr anspruchsvoller Methoden und Verfahren zur Simulation von Systemen.

Zergliedern von Problemen, Beherrschen der Schnittstellenproblematik und der Lösungsmethodik der Teilprobleme.

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

mündliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 40, Eigenstudium: 80

---

#### **Lehrveranstaltung: Systemsimulation**

**Dozent:**

Günter Ackermann, Gerhard Schmitz

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Einführung in die physikalische Modellierung
- Frage der Modellierung und der Grenzen der Modellierung
- Frage der Zeitkonstanten, Steifigkeit, Stabilität, Schrittweitenwahl
- Einführung in Matlab/Simulink
- Beispiel 1: Anlauf eines Elektromotors, transiente Vorgänge in der Maschine
- Beispiel 2: Anlauf über Frequenzumrichter
- Begriffe der objektorientierten Programmierung
- Differenzialgleichungen einfacher Systeme
- Einführung in Modelica
- Einführung in Dymola
- Beispiel: Wärmeleitung
- Systembeispiel

**Literatur:**

Michael M. Tiller: Introduction to Physical Modeling with Modelica  
 Kluwer Academic Publishers, London, 2001, ISBN0-7923-7367-7  
 Einführung/Tutorial Matlab/Simulink - verschiedene Autoren

**Modul: Dampfturbinen****Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>         | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|----------------------|------------|------------|
| Dampfturbinen        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Dampfturbinen | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Dr.-Ing. Abel-Günther

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Grundlegende Kenntnisse über die Funktionsweise von Kraft- und Arbeitsmaschinen sowie Grundlagenwissen der technischen Thermodynamik und dessen Anwendung

**Qualifikationsziele:**

Kenntnis der grundlegenden Prinzipien für die Auslegung von Dampfturbinen.

Fähigkeit zur Beurteilung von Wärmekreisläufen.

Die Fähigkeit zur Auslegung von Dampfturbinen nach vorgegebenen Spezifikationen.

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Schriftliche oder mündliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 40, Eigenstudium: 80

**Lehrveranstaltung: Dampfturbinen****Dozent:**

Dr.-Ing. Kristin Abel-Günther

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Einführung
- Bauelemente einer Dampfturbine
- Energieumsetzung in einer Dampfturbine
- Dampfturbinen-Bauarten
- Verhalten von Dampfturbinen
- Stopfbuchssysteme bei Dampfturbinen
- Axialschub
- Regelung von Dampfturbinen
- Festigkeitsberechnung der Beschaufelung
- Schaufelschwingungen

**Literatur:**

Traupel, W.; Thermische Turbomaschinen; Berlin u.a.: Springer; (TUB HH: Signatur MSI-105)

Menny, K.; Strömungsmaschinen : hydraulische und thermische Kraft- und Arbeitsmaschinen ; Ausgabe: 5.; Wiesbaden : Teubner, 2006; (TUB HH: Signatur MSI-121)

Bohl, W.; Aufbau und Wirkungsweise; Ausgabe: 6.; Würzburg : Vogel, 1994; (TUB HH: Signatur MSI-109)

Bohl, W.; Berechnung und Konstruktion; Ausgabe: 6. Aufl.; Würzburg : Vogel, 1999; (TUB HH: Signatur MSI-110)

**Modul: Wärmetechnik****Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>        | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|---------------------|------------|------------|
| Wärmetechnik        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Wärmetechnik | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Gerhard Schmitz

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Thermodynamik I, II

**Qualifikationsziele:**Kenntnisse:

- Kenntnisse über wärmetechnische Anlagen und die Einbeziehung regenerativer Energien

Fähigkeiten:

- Fähigkeit zur Berechnung von häuslichen, gewerblichen und industriellen Beheizungsanlagen sowie zur Beurteilung komplexer Energiesysteme.
- Befähigung zur Planung und Realisierung von energiesparenden und wärmetechnischen Anlagen

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

mündliche oder schriftliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 78

---

**Lehrveranstaltung: Wärmetechnik**

**Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitz

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

1. Einleitung
2. Grundlagen der Wärmetechnik
  - 2.1. Wärmeleitung
  - 2.2. Konvektiver Wärmeübergang
  - 2.3. Wärmestrahlung
  - 2.4. Wärmedurchgang
  - 2.5. Verbrennungstechnische Kennzahlen
  - 2.6. Elektrische Erwärmung
  - 2.7. Wasserdampfdiffusion
3. Heizungssysteme
  - 3.1. Warmwasserheizungen
  - 3.2. Anlagen zur Warmwasserbereitung
  - 3.3. Rohrnetzberechnung
  - 3.4. Wärmeerzeuger
  - 3.5. Warmluftheizungen
  - 3.6. Strahlungsheizungen
4. Wärme- und Wärmebehandlungssysteme
  - 4.1. Industrieöfen
  - 4.2. Schmelzanlagen
  - 4.3. Trocknungsanlagen
  - 4.4. Schadstoffemissionen
  - 4.5. Schornsteinberechnungsverfahren
  - 4.6. Energiemesssysteme
5. Verordnung und Normen
  - 5.1. Gebäude
  - 5.2. Industrielle und gewerbliche Anlagen

**Literatur:**

Breton, Eberhard: *Handbuch der Gasverwendungstechnik*. Oldenbourg Verlag, München, 1987

---

**Modul: Kraft-Wärme-Kopplung und Energie aus Biomasse**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>         | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|----------------------|------------|------------|
| Kraft-Wärme-Kopplung | Vorlesung  | 2          |
| Energie aus Biomasse | Vorlesung  | 2          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Kather

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Grundkenntnisse über die Funktionsweise und den Aufbau von Wärmekraftwerken

**Qualifikationsziele:**

- Vertiefte Kenntnisse verknüpft mit einem breiten theoretischen und methodischen Fundament über die Auslegung und Wirkungsweise von Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung.
- Einordnung der KWK-Technologie im wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umfeld.
- Vertiefte Kenntnisse der theoretischen Grundlagen zur Energiegewinnung aus Biomasse, Verständnis interdisziplinärer Zusammenhänge bei der Gestaltung der Prozesse und Anlagen und der Einordnung des Themengebietes in das wissenschaftliche und gesellschaftliche Umfeld.
- Theoriegeleitetes Anwenden sehr anspruchsvoller Methoden und Verfahren bei der Auslegung von Prozessen und Anlagen zur Energiegewinnung aus Biomasse.
- Bewerten unterschiedlicher Lösungsansätze in mehrdimensionalen Entscheidungsräumen.

**ECTS-Leistungspunkte:**

6

**Prüfungsart:**

Teilleistung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Prüfungsform siehe Lehrveranstaltungen

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 58, Eigenstudium: 122

---

**Lehrveranstaltung: Kraft-Wärme-Kopplung****Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Alfons Kather

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Aufbau, Auslegung und Wirkungsweise von Kraftwerken mit Wärmeauskopplung
- Dampfturbinenheizkraftwerke mit Gegendruckturbinen, Entnahmegendruckturbinen und Entnahmekondensationsturbinen
- Gasturbinenheizkraftwerke
- Kombinierte Gas- und Dampfturbinenheizkraftwerke
- Motorenheizkraftwerke
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
- Aufbau der Hauptkomponenten
- Gesetzliche Vorschriften und Grenzwerte
- Ökonomische Bedeutung der KWK und Wirtschaftlichkeitsberechnungen

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Mündliche oder schriftliche Prüfung

---

**Lehrveranstaltung: Energie aus Biomasse****Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt

**Sprache:**

Englisch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Biomasse im Energiesystem
- Biomasse als Energieträger
- Bereitstellungskonzepte
- Thermo-chemische Umwandlung
- Verbrennung
- Vergasung
- Verkohlung
- Physikalisch-chemische Umwandlung
- Bio-chemische Umwandlung
- Biogas
- Bioethanol

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Klausur

**Literatur:**

Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage

## Sommersemester

---

**Modul: Klimaanlage****Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>       | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|--------------------|------------|------------|
| Klimaanlagen       | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Klimaanlage | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Gerhard Schmitz

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Thermodynamik I und II

**Qualifikationsziele:**

- Verständnis der thermodynamischen Grundlagen der Klimatisierung
- Kenntnis über den Aufbau von Klimaanlage
- Fähigkeit zur Berechnung der Komponenten einer Klimaanlage einschließlich der Belüftung von Kabinen und Räumen
- Fähigkeit zur Beurteilung komplexer Energiesysteme zur Klimatisierung, insbesondere bezüglich des Zusammenspiels Anlage-Gebäude
- Befähigung energiesparende Technologien zur Klimatisierung zu planen und zu realisieren.

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

mündliche oder schriftliche Prüfung

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 78

---

## **Lehrveranstaltung: Klimaanlage**

**Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitz

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

1. Überblick über Klimaanlage
  - 1.1 Einteilung von Klimaanlage
  - 1.2 Lüftung
  - 1.3 Aufbau und Funktion von Klimaanlage
2. Thermodynamische Prozesse in Klimaanlage
  - 2.1 Das  $h,x$ -Diagramm für feuchte Luft
  - 2.2 Mischkammer, Vorwärmer, Nachwärmer
  - 2.3 Luftkühler
  - 2.4 Luftbefeuchter
  - 2.5 Darstellung des konventionellen Klimaanlageprozesses im  $h,x$ -Diagramm
  - 2.6 Sorptionsgestützte Klimatisierung
3. Berechnung der Heiz- und Kühlleistung
  - 1.1 Heizlast und Heizleistung
  - 1.2 Kühllasten und Kühlleistung
  - 1.3 Berechnung der inneren Kühllast
  - 1.4 Berechnung der äußeren Kühllast
2. Lufttechnische Anlagen
  - 2.1 Frischluftbedarf
  - 2.2 Raumluftrömung
  - 2.3 Kanalnetzberechnung
  - 2.4 Ventilatoren
  - 2.5 Filter
3. Kälteanlagen
  - 3.1 Kaldampfkompresseionskälteanlagen
  - 3.2 Absorptionskälteanlagen

**Literatur:**

Recknagel, Sprenger, Schramek: *Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik*. 73. Auflage, Oldenbourg Verlag 2007  
ISBN: 3-8356-3104-5

---

## **Modul: Regenerative Stromerzeugung**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>       | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|--------------------|------------|------------|
| Windenergieanlagen | Vorlesung  | 2          |
| Photovoltaik       | Vorlesung  | 2          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. J. Müller

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Thermodynamik, Strömungsmechanik, Grundlagen der Strömungsmaschinen  
Grundlagen der Halbleiterphysik sind hilfreich.

**Qualifikationsziele:**

Vertiefte Kenntnisse der Historie der Windmühlen und der Auftriebtheorie, Erhaltungssätze für Drehimpuls und Energie, Verlustmechanismen, ideale Rotor-Geometrie, Optimierung, Betrieb und Regelung, Strukturdynamik, Ähnlichkeitsregeln, Wirtschaftlichkeit.

Vertiefte Kenntnis der physikalischen und technologischen Grundlagen photovoltaischer gegenwärtig genutzter und zukünftig möglicher Elemente und Systeme sowie der physikalischen, technischen, ökonomischen und ökologischen Randbedingungen ihres Einsatzes.

**ECTS-Leistungspunkte:**

6

**Prüfungsart:**

Teilleistung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Prüfungsform siehe Lehrveranstaltungen

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 65, Eigenstudium: 115

---

**Lehrveranstaltung: Photovoltaik****Dozent:**

Prof. Jörg Müller

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Einführung
- Primärenergien und Verbrauch, verfügbare Sonnenenergie
- Physik der idealen Solarzelle
- Lichtabsorption, PN-Übergang, charakteristische Größen der Solarzelle, Wirkungsgrad
- Physik der realen Solarzelle
- Ladungsträgerrekombination, Kennlinien, Sperrschichtrekombination, Ersatzschaltbild
- Erhöhung der Effizienz
- Methoden zur Erhöhung der Quantenausbeute und Verringerung der Rekombination  
Hetero- und Tandemstrukturen
- Hetero-Übergang, Schottky-, elektrochemische, MIS- und SIS-Zelle, Tandem-Zelle
- Konzentratorzellen
- Konzentrator-Optiken und Nachführsysteme, Konzentratorzellen
- Technologie und Eigenschaften: Solarzellentypen, Herstellung, einkristallines Silizium und Galliumarsenid, polykristalline Silizium- und Silizium-Dünnschichtzellen, Dünnschichtzellen auf Trägern (amorphes Silizium, CIS, elektrochemische Zellen)
- Module
- Schaltungen

**Studien/Prüfungsleistungen:**

mündliche Prüfung

**Literatur:**

Seraphin: Solar energy conversion, Springer

Lewerenz, Jungblut: Photovoltaik, Springer

## **Lehrveranstaltung: Windenergieanlagen**

**Dozent:**

Rudolf Zellermann

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Historische Entwicklung
- Wind: Entstehung, geographische und zeitliche Verteilung, Standorte
- Leistungsbeiwert, Rotorschub
- Aerodynamik des Rotors
- Betriebsverhalten
- Leistungsbegrenzung, Teillast, Pitch und Stall, Regelung
- Anlagenauswahl, Ertragsprognose, Wirtschaftlichkeit
- Exkursion

**Studien/Prüfungsleistungen:**

mündliche Prüfung

**Literatur:**

Gasch, R., Windkraftanlagen, 4. Auflage, Teubner-Verlag, 2005

---

## **Modul: Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>            | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|-------------------------|------------|------------|
| Brennstoffzellentechnik | Vorlesung  | 2          |
| Wasserstofftechnologie  | Vorlesung  | 2          |

**Modulverantwortlich:**

Dr.-Ing. Neumann

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Erweiterte Grundkenntnisse der Thermodynamik

Grundlagen der Verfahrenstechnik

**Qualifikationsziele:**

- Verständnis der naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen zur Herstellung, Speicherung und Lagerung, sowie der Sicherheit von Wasserstoff.
- Fähigkeit zur fallweisen Einschätzung seiner technischen Verwendbarkeit als Energieträger.
- Verständnis der thermodynamischen Grundlagen der elektrochemischen Energiewandlung in Brennstoffzellen
- Verständnis der thermodynamischen Grundlagen der Wasserstoff-Herstellung und Aufbereitung
- Kenntnis über die verschiedenen Bauarten von Brennstoffzellen und deren jeweiligem Aufbau.
- Kenntnis über verschiedene Bauarten von Reformern und deren Integration in Brennstoffzellensysteme
- Verständnis exemplarischer Regelstrategien für Brennstoffzellensysteme.

ECTS-Leistungspunkte:

4

Prüfungsart:

Teilleistung

Studien/Prüfungsleistungen:

Prüfungsform siehe Lehrveranstaltungen

Arbeitsaufwand in Stunden:

Präsenzstudium: 60, Eigenstudium: 60

---

### **Lehrveranstaltung: Wasserstofftechnologie (WS)/Hydrogen Technology (SoS)**

Dozent:

Dr.-Ing. Bernhard Neumann

Sprache:

Deutsch / Englisch

Zeitraum:

Sommer- und Wintersemester

Inhalt:

1. Energiewirtschaft
2. Wasserstoffwirtschaft
3. Vorkommen und Eigenschaften von Wasserstoff
4. Herstellung von Wasserstoff (aus Kohlenwasserstoffen und durch Elektrolyse)
5. Trennung und Reinigung
6. Speicherung und Transport von Wasserstoff
7. Sicherheit
8. Brennstoffzellen
9. Projekte

Studien/Prüfungsleistungen:

Klausur

Literatur:

Skriptum zur Vorlesung

Winter, Nitsch: Wasserstoff als Energieträger

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry

Kirk, Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology

Larminie, Dicks: Fuel cell systems explained

---

### **Lehrveranstaltung: Brennstoffzellentechnik**

Dozent:

Stephan Kabelac

Sprache:

Deutsch

Zeitraum:

Sommersemester

Inhalt:

1. Einführung in die elektrochemische Energiewandlung
2. Funktion und Aufbau von Elektrolyten
3. Die Niedertemperatur-Brennstoffzellen
  - 3.1. Bauformen

- 3.2. Thermodynamik der PEM-Brennstoffzelle
- 3.3. Kühl- und Befeuchtungsstrategie
- 4. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle
  - 4.1. Die MCFC
  - 4.2. Die SOFC
  - 4.3. Integrationsstrategien und Teilreformierung
- 5. Brennstoffe
  - 5.1. Bereitstellung von Brennstoffen
  - 5.2. Reformierung von Erdgas und Biogas
  - 5.3. Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen
- 6. Energetische Integration und Regelung von Brennstoffzellen-Systemen

**Studien/Prüfungsleistungen:**

mündliche Prüfung

**Literatur:**

Hamann, C.; Vielstich, W.: Elektrochemie 3. Aufl.; Weinheim: Wiley – VCH, 2003

## **Wahlpflichtmodule Umwelttechnik**

### **Wintersemester**

#### **Modul: Wasserchemie und Umweltanalytik**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>   | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|----------------|------------|------------|
| Umweltanalytik | Vorlesung  | 2          |
| Wasserchemie   | Vorlesung  | 2          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Calmano

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Grundlagen der Chemie und Physik

**Qualifikationsziele:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren dieses Kurses sind die Studierenden in der Lage,

- die wichtigsten physikalisch-chemischen Prozesse, welche die chemische Zusammensetzung natürlicher Gewässer bewirken, zu beschreiben und zu erläutern;
- einschlägige Methoden, auch für benachbarte Fachdisziplinen (Bodenchemie, Wassertechnologie, Umweltschutztechnik), zur quantitativen Berechnung der chemischen Zusammensetzung von wässrigen Systemen anzuwenden;
- geeignete Methoden zur Lösung wassertechnologischer Probleme zu finden und anzuwenden;
- die grundlegenden Zusammenhänge der Umweltanalytik zu beschreiben und erläutern;
- spektroskopische und chromatographische Methoden zu erläutern und zur Lösung von analytischen Problemen einzusetzen;
- die Bestimmung anorganischer und organischer Routineparameter durchzuführen;
- die wichtigsten umweltanalytischen Methoden zu benennen;
- geeignete analytische Methoden zur Sanierung von Altlasten auszuwählen;
- selbstständig und effizient zu lernen.

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Teilleistung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Prüfungsform siehe Lehrveranstaltungen

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 56, Eigenstudium: 64

---

**Lehrveranstaltung: Umweltanalytik****Dozent:**

Wolfgang Calmano, Holger Gulyas, Kim Kleeberg

**Sprache:**

Englisch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Mathematisch- statistische Bewertung analytischer Methoden
- Probenahme, Probenvorbereitung, Fehlerquellen
- Abwasseranalytik (anorganische und organische Routineparameter)
- Analytische Spektroskopie (Grundlagen)
- Atomabsorptionsspektroskopie
- Analytische Chromatographie (Grundlagen)
- Gaschromatographie, Ionenaustauschchromatographie
- Infrarotspektroskopie

**Studien/Prüfungsleistungen:**

mündliche Prüfung

**Literatur:**

Analysis of environmental pollutants : principles and quantitative methods, Poojappan Narayanan. - London : Taylor & Francis, 2003

Introduction to environmental analysis, Roger N. Reeve. - Chichester [u.a.] : Wiley, 2002

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition,

L.S. Clesceri, A.E. Greenberg, A.D. Eaton, eds., published by American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 1998

---

**Lehrveranstaltung: Wasserchemie****Dozent:**

Wolfgang Calmano

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Gewässer (chemische Zusammensetzung)
- Charakterisierung verschiedener Wasserarten
- Struktur und Eigenschaften des Wassers
- Säuren- und Basengleichgewichte
- Carbonat-Gleichgewichte
- Metalle und organische Schadstoffe in Wasser
- Redoxprozesse

- Fällung und Auflösung
- Grenzflächenchemie

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Schriftliche Prüfung

**Literatur:**

Sigg & Stumm: Aquatische Chemie, vdf, 1989

Stumm & Morgan, Aquatic Chemistry, John Wiley & Sons, 1981

**Modul: Umweltbiotechnologie**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>  | <u>Typ</u>     | <u>SWS</u> |
|---|----------------|------------|
| Umweltmikrobiologie   | Vorlesung      | 2          |
| Laborpraktikum: Technisches umweltmikrobiologisches Praktikum | Laborpraktikum | 3          |

**Modulverantwortlich:**

Rudolf Müller

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

mikrobiologische und biochemische Grundlagenkenntnisse

**Qualifikationsziele:**

Nach Abschluss des Moduls haben die Studierenden die Wichtigkeit der Mikroorganismen für die Umwelt verstanden. Sie sind in der Lage, das Potenzial der Mikroorganismen für den Abbau von Schadstoffen zu erläutern. Die daraus resultierenden Konsequenzen für die Reinigung kontaminierter Böden und Abwässer sowie für politische Entscheidungen sind den Studierenden bewusst. Sie sind in der Lage, Umweltprobleme zu analysieren und fundiert zu bewerten.

Arbeitsweise Praktikum: In dem Praktikum wird die Umsetzung einiger in den Vorlesungen Technische Mikrobiologie und Umweltmikrobiologie erarbeiteten theoretischen Kenntnisse anhand einfacher Versuche, welche zunächst theoretisch erklärt und dann von den Teilnehmern in kleineren Gruppen selbständig durchgeführt werden, in die Praxis demonstriert.

Lernziele des Praktikums: Die Teilnehmer sollen einerseits ein Gefühl entwickeln, wie die in den Vorlesungen erlernten Kenntnisse erhalten wurden und andererseits lernen, wie diese Kenntnisse praktisch angewendet werden.

**ECTS-Leistungspunkte:**

5

**Prüfungsart:**

Teilleistung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Prüfungsform siehe Lehrveranstaltungen

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 56, Eigenstudium: 82

**Lehrveranstaltung: Umweltmikrobiologie**

**Dozent:**

Rudolf Müller

**Sprache:**

Englisch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

1. Mikrobielle Ökologie
2. Nachweis von Mikroorganismen
3. Desinfektion und Sterilisation
4. Herkunft von Schadstoffen
5. Abbaubarkeitstests
6. Toxizität, Verwendung und Abbau von Schadstoffen:
  - a. Alkane, Alkene, Alkine
  - b. Benzol, Toluol, Xylole, Kresole
  - c. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
  - d. Chlorierte aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe
  - e. Sulfonierte Verbindungen
  - f. Nitrierte Verbindungen, Amine, Azo-Farbstoffe
  - g. Herbizide, Pharmazeutika
7. Enzyme im Abbau von Schadstoffen
8. Plasmide im Abbau von Schadstoffen
9. Konstruktion von neuen Stämmen für den Abbau von Schadstoffen

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Regelmäßige Anwesenheit und eine Hausarbeit sind notwendig. Schriftliche Prüfung

**Literatur:**

Allgemeine Mikrobiologie, H.-G. Schlegel, Thieme Verlag Stuttgart ISBN 3-13-444603-0

Praxis der Sterilisation, Desinfektion-Konservierung, K.-H. Wallhäußer (1984), Thieme Verlag ISBN 3-13-416303-9

Umweltchemikalien, R. Koch (1989), VCH-Verlag ISBN 3-527-26902-9

---

**Lehrveranstaltung: Technisches und umweltmikrobiologisches Praktikum****Dozent:**

Prof. Dr. Garabed Antranikian, Prof. Dr. Rudolf Müller

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Wintersemester

**Inhalt:**

- Umgang mit Mikroorganismen unter aeroben und anaeroben Bedingungen, steriles Arbeiten
- Nachweis von Mikroorganismen im Boden, im Wasser und in der Luft
- Methoden zur Herstellung von Reinkulturen
- Methoden zur Erstellung von Wachstumskurven
- Nachweis von schadstoffabbauenden Mikroorganismen in Elbwasser
- Produktion und Nachweis von technischen Enzymen

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Anwesenheit, Protokollarbeit (unbenotet)

**Literatur:**

Süßmuth, R.; Eberspächer, J.; Haag, R.; Springer, W.: Biochemisch- mikrobiologisches Praktikum. Thieme Verlag, Stuttgart.

Schlegel, H. G.: Allgemeine Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 5. Auflage, 1981.

Drews, D.: Mikrobiologisches Praktikum. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 3. Auflage, 1976.

Gottschalk, G.: Bacterial Metabolism. Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 2nd Edition, 1988.

(sowie Literatur zu den entsprechenden Vorlesungen)

---

## **Modul: Biologische Abwasserreinigung**

Lehrveranstaltungen:

| <u>Titel</u>                  | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|-------------------------------|------------|------------|
| Biologische Abwasserreinigung | Vorlesung  | 2          |

**Modulverantwortlich:**

Dr. Behrendt

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Grundlagen der Biologie und Chemie

**Qualifikationsziele:**

Grundlegende Kenntnisse auf dem Gebiet der biologischen Abwasserreinigung.

Fähigkeit zur Bewertung und Diskussion verschiedener Methoden der biologischen Abwasserreinigung.

**ECTS-Leistungspunkte:**

2

**Prüfungsart:**

Modulnachweis

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Anwesenheit, mündliche Prüfung (30 Min)

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 30, Eigenstudium: 30

---

## **Lehrveranstaltung: Biologische Abwasserreinigung**

**Dozent:**

Joachim Behrendt

**Sprache:**

Englisch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Ökologie der Gewässer
- Abwasserbiologie
- Stoffwechseltypen und Stoffumsatz
- Kinetik biologischer Stoffumwandlung
- Charakterisierung von Abwasser und Schlamm
- Aerobe Abwasserreinigung
- Dezentrale, ländliche Abwasserbehandlung
- Komplexe Konzepte zur simultanen C-, N- und P-Elimination
- Anaerobe Abwasserreinigung und Schlammstabilisierung

**Literatur:**

Henze, M.; Harremoës, P.; Jansen, L.I.C.; Arvin, E. (1995): Wastewater Treatment. Springer-Verlag, Berlin.

Mudrack, K.; Kunst, S. (1991): Biologie der Abwasserreinigung. 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

Hartmann, L. (1989): Biologische Abwasserreinigung. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin

Strebel, H.; Krauter, D. (1981): Das Leben im Wassertropfen. 5. Auflage, Kosmos Verlag, Stuttgart

Kunz, P. (1991): Umweltbioverfahrenstechnik. Vieweg Verlag

## **Modul: Altlasten und Deponierung**

### **Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                     | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|----------------------------------|------------|------------|
| Altlasten und Deponierung        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Altlasten und Deponierung | Übung      | 1          |

### **Modulverantwortlich:**

PD Dr.-Ing. Körner

### **Zulassungsvoraussetzung:**

keine

### **Empfohlene Vorkenntnisse:**

Nein

### **Qualifikationsziele:**

Vertiefte Kenntnisse der Altlastensanierung und Deponierung verknüpft mit einem breiten theoretischen und methodischen Fundament.

### **ECTS-Leistungspunkte:**

4

### **Prüfungsart:**

Modulnachweis

### **Studien/Prüfungsleistungen:**

schriftliche Prüfung

### **Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 78

---

## **Lehrveranstaltung: Altlasten und Deponierung**

### **Dozent:**

Körner/Gerth/Wichmann

### **Sprache:**

Englisch

### **Zeitraum:**

Wintersemester

### **Inhalt:**

- Legal aspects of treatment of contaminated sites, risk assessment
- Natural attenuation
- Securing of abandoned landfills
- Stabilisation/Solidification
- Soil vapour extraction
- Soil Washing
- Thermal treatment
- Bioremediation
- Groundwater Remediation

### **Literatur:**

Handout with copies of the overheads of the lessons of Stegmann; on-line available via intranet;  
TeachingTextbook: Solid Waste Management. In preparation Stegmann, Brunner, Calmano, Matz (2001):  
Treatment of contaminated soil. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-41736-2  
Script, Förstner, U.: Integrated Pollution Control. 505 p. Springer Berlin 1998

---

## **Modul: Abwassersysteme**

### **Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>  | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|---|------------|------------|
| Abwassersysteme - Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung        | Vorlesung  | 2          |
| Übung: Abwassersysteme - Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung | Übung      | 1          |
| Physikalische und chemische Abwasserbehandlung                      | Vorlesung  | 2          |
| Hörsaalübung: Physikalische und chemische Abwasserbehandlung        | Übung      | 1          |

### **Modulverantwortlich:**

Prof. Otterpohl

### **Zulassungsvoraussetzung:**

keine

### **Empfohlene Vorkenntnisse:**

Solide Grundkenntnisse in biologischer Abwasserreinigung

### **Qualifikationsziele:**

Vertiefte Kenntnisse über moderne Klärwerke in den wesentlichen Varianten.

Die ganze Breite der weitergehenden biologischen Abwasserreinigung, Prozessführung mit Nitrifikation und Denitrifikation, erhöhter biologischer Phosphatelimination und nachgeschalteten Reinigungsstufen werden beherrscht. Die Bemessungsgänge sind klar und die TeilnehmerInnen haben ein gutes Prozessverständnis entwickelt. Die Grundlagen der mathematischen Modellierung und die Anwendung in Simulationsprogrammen inklusive einfacher Regelungstechnik sind bekannt.

Überblick über Verfahren der weitergehenden kommunalen Abwasserreinigung, Überblick über die Abwasserwiederverwendung, vertiefte theoretische Grundlagen und Prinzipien von physikalisch-chemischen Verfahren zur weitergehenden Abwasserbehandlung.

### **ECTS-Leistungspunkte:**

8

### **Prüfungsart:**

Modulprüfung

### **Studien/Prüfungsleistungen:**

schriftliche Prüfung; bei geringer Anzahl von Teilnehmern mündliche Prüfung

### **Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 84, Eigenstudium: 156

---

## **Lehrveranstaltung: Abwassersysteme - Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung**

### **Dozent:**

Ralf Otterpohl

### **Sprache:**

Englisch

### **Zeitraum:**

Wintersemester

### **Inhalt:**

- Typen von Klärwerken und deren Aufbau
- Nitrifikation, Denitrifikation und Prozessführung
- Erhöhte biologische Phosphorelimination und Prozessführung
- Bemessung von Belebungsverfahren mit Nährstoffelimination (DWA A131)
- Grundlagen mathematischer Modellierung und Dynamische Simulation
- Messen, Steuern & Regeln

Zu den Themen gibt es jeweils interaktive Vorlesungen und Übungen

**Literatur:**

Gujer, W.: Siedlungswasserwirtschaft, Springer Verlag, 2007

Hosang/ Bischof, W.: Abwassertechnik, Stuttgart, 1998

Imhoff, K.: Taschenbuch der Stadtentwässerung, R.Oldenbourg Verlag, München 2007

Lange, J. & Otterpohl, R.: Abwasser: Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. Mallbeton GmbH, Donaueschingen-Pföhrn, 2000

---

**Lehrveranstaltung: Physikalische und chemische Abwasserbehandlung**

**Dozent:**

Gulyas

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Überblick weitergehende Abwasserreinigung
- Wiederverwendung aufbereiteten kommunalen Abwassers
- Fällung
- Flockung
- Tiefenfiltration
- Membranverfahren
- Aktivkohleadsorption
- Ozonisierung
- "Advanced Oxidation Processes"
- Desinfektion

**Literatur:**

Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003

Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987

Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007

Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006

Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003

**Sommersemester**

---

**Modul: Thermische Abfallbehandlung**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                              | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|---|------------|------------|
| Thermische Abfallbehandlung               | Vorlesung  | 2          |
| Hörsaalübung: Thermische Abfallbehandlung | Übung      | 1          |

**Modulverantwortlich:**

Dr.-Ing. Hartge

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Grundlagen der Abfallwirtschaft

**Qualifikationsziele:**

Vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Thermischen Abfallbehandlung

Kompetenz, Probleme auf dem Gebiet der thermischen Abfallbehandlung zu analysieren und zu lösen

**ECTS-Leistungspunkte:**

4

**Prüfungsart:**

Modulprüfung

**Studien/Prüfungsleistungen:**

schriftlich

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 42, Eigenstudium: 78

---

**Lehrveranstaltung: Thermische Abfallverwertung****Dozent:**

Joachim Gerth, Ernst-Ulrich Hartge

**Sprache:**

Englisch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Einführung in die Abfallverbrennung: Entwicklung und heutiger Stand, Ziele und rechtliche Regelungen, Reaktionsgleichungen, prinzipieller Aufbau einer Verbrennungsanlage
- Grundlagen der Verbrennung: Zusammensetzung und Heizwert des Abfall, Bestimmung des stöchiometrischen Luftbedarfs, Berechnung der Zusammensetzung des Rauchgases
- Feuerungseinrichtungen: Rostfeuerungs-systeme, Entschlackung, Kesselbauweisen
- Rauchgasbehandlung: Menge, Zusammensetzung, Grenzwerte (17. BImSchV), Entstaubung, trockene Abgasbehandlung, Gaswäscher, NO<sub>x</sub>-Reduzierung, Dioxine, Furane, Quecksilber
- Alternative thermische Abfallbehandlungsverfahren: Mitverbrennung, Pyrolyse, Noell-Prozess, Schwelbrennverfahren, Thermoselectverfahren
- Schlacken: Mengen, Qualität, Behandlung, Verwertung, Entsorgung
- Infrastruktur: Anlieferung, Vorbehandlung, Bunker, Behandlung der Rückstände
- Bewertung von Verbrennungsanlagen: Massen- und Energiebilanzen, Vergleiche, Kosten, Akzeptanz in der Bevölkerung
- Optimierung von Verbrennungsanlagen: Wassergekühlte Rostfeuerung, Korrosion, Kontrollmöglichkeiten
- Neue Entwicklungen: dezentrale, modulare Anlagen
- Klärschlammverbrennung: Zusammensetzung, Grenzwerte, Entsorgungsmöglichkeiten, Vorbehandlung, Wirbelschichtverbrennung, Mitverbrennung, andere Verfahren
- Sondermüllverbrennung: Anlagenaufbau, Drehrohrofen, flüssige Abfälle, Entstehung von Schadstoffen, Tierkörperverbrennung
- Planung und Aufbau von Verbrennungsanlagen
- Einige Übungen finden in Form von Exkursionen statt

**Literatur:**

Bilitewski, B.; Härdtke, G.; Marek, K.: Abfallwirtschaft. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1994.

Sattler, K.; Emberger, J.: Behandlung fester Abfälle. Vogel-Verlag, Würzburg, 1992.

Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 1994.

---

## **Modul: CAE in der Prozesstechnik**

Lehrveranstaltungen:

| <u>Titel</u>              | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|---------------------------|------------|------------|
| CAE in der Prozesstechnik | Vorlesung  | 2          |

**Modulverantwortlich:**

Prof. Fieg

**Zulassungsvoraussetzung:**

kein

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Prozess- und Anlagentechnik I und II, Thermische Verfahrenstechnik

**Qualifikationsziele:**

- Fähigkeit zur systematischen, praxisorientierten Vorgehensweise bei der Prozesssimulation verfahrenstechnischer Prozesse.
- Fähigkeit zur fortgeschrittenen und eigenständigen Nutzung kommerzieller Software zur Fließschemasimulation bei typischen industriellen Aufgabenstellungen.
- Fähigkeit zur kritischen Bewertung erzielter Simulationsergebnisse.

**ECTS-Leistungspunkte:**

2

**Prüfungsart:**

Modulnachweis

**Studien/Prüfungsleistungen:**

Erfolgreiche Bearbeitung einer Aufgabestellung zur Prozesssynthese (ohne Benotung)

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 28, Eigenstudium: 32

---

## **Lehrveranstaltung: CAE in der Prozesstechnik**

**Dozent:**

Prof. Dr.-Ing. Georg Fieg und Mitarbeiter

**Sprache:**

Deutsch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

- Grundlagen der stationären Prozesssimulation
- Klassen von Simulationsprogrammen
- Sequentiell-modularer Ansatz
- Funktionsweise ASPEN PLUS
- Einführung in ASPEN PLUS
- Stoffdatenberechnungsmodelle
- Einsatz vorhandener Werkzeuge (z.B. Designspezifikation)
- Konvergenzproblematik
- Rechnerübung mit ASPEN PLUS
- Umfang, Möglichkeiten, Grenzen von ASPEN PLUS
- Praktische Nutzung der ASPEN Datenbank
- Abschätzungsmethoden für nicht vorhandene Stoffdaten
- Anwendung der Modellbibliothek, Prozesssynthese Designspezifikationen

- Sensitivitätsanalysen
- Optimierungsprobleme
- Industrielle Fallstudien

**Literatur:**

Eigenentwickelte, vorlesungsbegleitende Unterlagen des Instituts

Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; J. Wiley & Sons, 1999

**Modul: Technologie der Luftreinhaltung**

**Lehrveranstaltungen:**

| <u>Titel</u>                    | <u>Typ</u> | <u>SWS</u> |
|---------------------------------|------------|------------|
| Technologie der Luftreinhaltung | Vorlesung  | 2          |

**Modulverantwortlich:**

Dr.-Ing. Hartge

**Zulassungsvoraussetzung:**

keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

Grundlagen der Feststoffverfahrenstechnik und der Reaktionstechnik

**Qualifikationsziele:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Kurses sind die Studenten in der Lage,

- die Ausbreitungsmechanismen von Emissionen zu erläutern und die erforderlichen Schritte zur Berechnung der Ausbreitung zu benennen;
- Messverfahren zur Messung von partikulären und gasförmigen Emissionen zu erklären;
- die Struktur und wesentlichen Inhalte der rechtlichen Rahmenbedingungen zu erläutern;
- Emissionswerte auf unterschiedliche Bezugswerte umzurechnen;
- die gebräuchlichen Apparate und Verfahren der Luftreinhaltung und deren Einsatzgebiet zu erläutern;
- Lösungen für die Reinigung eines Abgases zu entwickeln.

**ECTS-Leistungspunkte:**

2

**Prüfungsart:**

Modulnachweis

**Studien/Prüfungsleistungen:**

schriftlich

**Arbeitsaufwand in Stunden:**

Präsenzstudium: 30, Eigenstudium: 30

**Lehrveranstaltung: Technologie der Luftreinhaltung**

**Dozent:**

Ernst-Ulrich Hartge

**Sprache:**

Englisch

**Zeitraum:**

Sommersemester

**Inhalt:**

In der Vorlesung wird zunächst eine Übersicht über Formen, Quellen und Auswirkungen von Luftverschmutzung gegeben und auf die entsprechende Gesetzgebung eingegangen. Im zweiten Teil der

Vorlesung werden Methoden zur Reduzierung von partikulären und gasförmigen Emissionen behandelt und abschließend an ausgewählten Beispielen demonstriert.

**Literatur:**

Handbook of air pollution prevention and control, Nicholas P. Cheremisinoff. - Amsterdam [u.a.]: Butterworth-Heinemann, 2002

Atmospheric pollution : history, science, and regulation, Mark Zachary Jacobson. - Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press, 2002

Air pollution control technology handbook, Karl B. Schnelle. - Boca Raton [u.a.] : CRC Press, c 2002

Air pollution, Jeremy Colls. - 2. ed. - London [u.a.] : Spon, 2002