



# **Vertiefungs- veranstaltungen des Fachbereiches Bio- und Chemieingenieurwesen**

Stand 15.01.2007

Herausgeber: Universität Dortmund  
Fachbereich Bio- und Chemieingenieurwesen

Redaktion: Geschäftsführung des Dekanats  
Studienberatung

Diese Ausgabe berücksichtigt:

- die Diplomprüfungsordnung 2003 Bioingenieurwesen, in Kraft getreten am 01.10.2003
- die Diplomprüfungsordnung 2003 Chemieingenieurwesen, in Kraft getreten am 01.10.2003

Rechtsverbindliche Ansprüche können aus dieser Druckschrift nicht abgeleitet werden.

Allgemeines .....	1
Lehrstuhl Anlagensteuerungstechnik.....	3
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	3
Process Control Fundamentals (1V/1Ü).....	3
Modeling of Dynamic Systems I (First principles models) (1V/1Ü).....	3
Modelling of Dynamic Systems II (System Identification) (1V/1Ü).....	4
Batch Process Operation (1V/1Ü) .....	5
Multivariable Control (1V/1Ü) .....	6
Advanced Process Control (1V/1Ü).....	6
Logic Control (2V/2Ü).....	7
Prozessführung für verfahrenstechnische Anlagen / Process Control in the Chemical and Pharmaceutical Industry (2V) .....	7
Vertiefungspraktika .....	8
Lehrstuhl Anlagen- und Prozesstechnik .....	9
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	9
Cost Engineering (2V) .....	9
Computer Aided Plant Design (1V/1Ü).....	9
Dynamic Process Simulation (1V/2Ü).....	10
Dynamische Prozesssimulation (1V/2Ü) .....	10
Good Manufacturing Practice bei der Herstellung von Biopharmazeutika (1V/1Ü) .....	11
Managementmethoden und Softskills (1V/1Ü) .....	11
Rechnergestützte Anlagenplanung (1V/1Ü) .....	12
Simulation stationärer Prozesse (1V/2Ü).....	12
Steady State Process Simulation I+II (1V/2Ü).....	12
Technical Chromatography (1V/1Ü).....	13
Verfahrenstechnische Prozessentwicklung (1V/1Ü).....	13
Vertiefungspraktika .....	14
Lehrstuhl Biotechnik .....	15
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	15
Systembiotechnologie (1V/1Ü).....	15
Chemische Biotechnologie (1V/1Ü).....	15
Bioanalytik (3V) .....	15
Vertiefungspraktika .....	16
Bioanalytik (4P) .....	16
Biotechnologie (6P) .....	16
Biochemie (6P).....	16
Mikrobioverfahrenstechnik (6P).....	16
Technische Enzymologie (6P).....	17
Angewandte Biokatalyse (6P) .....	17
Systembiotechnologie (6P).....	17
Mikrobiologie (6P) .....	18
Arbeitsgruppe Bioverfahrenstechnik.....	19
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	19
Vertiefungspraktika .....	19

Lehrstuhl Mechanische Verfahrenstechnik .....	20
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	20
Dimensionierung mechanischer Trennapparate (4Ü) .....	20
Drops, Bubbles and Films in Process Engineering (2V) .....	20
Elektromechanische Verfahren (2V) .....	20
Entstaubungstechnik (2V) .....	21
Mechanische Trennverfahren (2V/1Ü) .....	22
Optische Messmethoden in den Ingenieurwissenschaften (2V) .....	22
Processing and Separation of Particulate Solids (2V/1Ü) .....	23
Produktgestaltung und Formulierung (2V) .....	23
Waste Treatment – No Contrast to Clean Production (2V) .....	23
Vertiefungspraktika .....	24
 Arbeitsgruppe Strömungsmechanik .....	 25
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	25
Strömungen mit freien Grenzflächen (2V) .....	25
CFD in der Misch- und Reaktionstechnik (1V/1Ü) .....	25
Messtechnik in Fluiden (2V/2Ü) .....	26
Strömung und Transport in Mikrokanälen (2V) .....	26
Mathematische Methoden für Strömungs- und Transportprozesse (incl. CFD) (2V/2Ü) .....	26
Nutzung fossiler Energiequellen (2V/1Ü) .....	27
Nutzung nicht-fossiler Energiequellen (2V/1Ü) .....	27
Rheologie von Polymerschmelzen in der industriellen Praxis (2V) .....	28
Introduction to Rheometry (2V) .....	29
Vertiefungspraktika .....	29
 Arbeitsgruppe Technische Biochemie .....	 30
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	30
Lebensmittelbiotechnologie (2V) .....	30
Vertiefungspraktika .....	30
Lebensmittelbiotechnologie (4P) .....	30
Biokonversion (6P) .....	30
 Lehrstuhl Technische Chemie A .....	 31
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	31
Brennstoffzellen und Batterien (1V/1Ü) .....	31
Einführung in die Katalyse (1V/1Ü) .....	31
Industrielle Chemie nachwachsender Rohstoffe (1V/1Ü) .....	32
Industrielle organische Chemie I (Grundstoffe und Zwischenprodukte) (1V/1Ü) .....	33
Industrielle organische Chemie II (Endprodukte) (1V/1Ü) .....	33
Planen und Auswerten von Versuchen (1V/2Ü) .....	34
Praktische Übung zur Elektrochemie (2Ü) .....	35
Praktische Übung zur Katalyse (2Ü) .....	35
Statistische Versuchsplanung zur Qualitätsoptimierung (1V/1Ü) .....	35
Technisch-elektrochemische Produktionsverfahren I (1V/1Ü) .....	36
Technisch-elektrochemische Produktionsverfahren II (1V/1Ü) .....	36
Vertiefungspraktika .....	37

Lehrstuhl Technische Chemie B .....	38
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	38
CFD in der Misch- und Reaktionstechnik (1V/1Ü) .....	38
Chlorchemie (1V/1Ü) .....	38
Gaswäschen (1V/1Ü) .....	39
Introduction to Catalysis (1V/1Ü) .....	40
Modellgestützte Auslegung chemischer Reaktoren (1V/1Ü) .....	40
Modellgestützte Versuchsauswertung und Parameterschätzung (2Ü) .....	41
Multifunktionale Reaktoren (2V/1Ü) .....	42
Polymerreaktionstechnik (1V/1Ü) .....	43
Vertiefungspraktika .....	43
 Lehrstuhl Technische Mikrobiologie .....	 44
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	44
Vertiefungspraktika .....	44
 Lehrstuhl Thermodynamik .....	 45
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	45
Dezentrale Energieversorgung aus Biomasse und anderen Quellen (2V) .....	45
Messung und Berechnung thermodynamischer Stoffeigenschaften (1V/1Ü) ....	46
Polymerthermodynamik (1V/1Ü) .....	46
Rationelle Energieverwendung in der Verfahrenstechnik (1V/1Ü) .....	47
Regenerative Gaskreisprozesse (2V) .....	47
Biothermodynamik (2V) .....	48
Einführung in die Kristallisation (1V/1Ü) .....	48
Thermodynamics of Adsorption Phenomena (im Rahmen der Summer School)	
(1V/1Ü) .....	49
Vertiefungspraktika .....	49
 Lehrstuhl Thermische Verfahrenstechnik .....	 50
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	50
Adsorptionstechnik (2V) .....	50
Dimensionierung thermischer Trennapparate (1V/2Ü) .....	51
Modelling of Multicomponent Separation Processes (2V/1Ü) .....	52
Reaktive Trennverfahren (1V/1Ü) .....	53
Verfahrenstechnische Berechnung von Stoffaustauschern und Reaktoren	
(2V/2Ü) .....	54
Vertiefungspraktika .....	55
 Lehrstuhl Umwelttechnik .....	 56
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	56
Einsatzmöglichkeiten von Solarenergie in der chemischen Technik (1V/1Ü) ....	56
Municipal Waste Water, and Sewage Sludge Treatment (2V/1Ü) .....	56
Seminar Umwelttechnik (2S) .....	56
Umwelttechnische Praxis (4V) .....	57
Umweltverfahrenstechnik I (2V/1Ü) .....	57
Umweltverfahrenstechnik II (2V/1Ü) .....	58
Vertiefungspraktika .....	59

Lehrstuhl Biomaterialien .....	60
(vormals Werkstoffkunde und Korrosion).....	60
Vertiefungsvorlesungen und -übungen .....	60
Polymere (1V/1Ü).....	60
Anwendung und Technologie polymerer Werkstoffe (1V/1Ü).....	60
Biomaterialien (2V).....	61
Korrosion (1V/1Ü).....	61
Werkstoffauswahl in der Chemietechnik (1V/1Ü) .....	62
Keramische Werkstoffe und Gläser (1V/1Ü).....	63
Metalle (1V/1Ü) .....	63
Mikrostrukturanalyse im Bio- und Chemieingenieurwesen (1V/1Ü).....	64
Elektronenmikroskopie (1V/1Ü).....	65
Vertiefungspraktika .....	65

## Allgemeines

Jede/ Jeder Studierende des Bio- oder Chemieingenieurwesens muss entsprechend der DPO 2003 Vertiefungsleistungen im folgenden Umfang erbringen:

- 12 SWS (bzw. 18 C) Vorlesungen und Übungen
- 6 SWS (bzw. 4 C) Praktikum

Die Vertiefungsveranstaltungen sind in den Grenzen der Bestimmungen der DPO von der/ dem Studierenden frei wählbar und schließen eine, mit der/ dem jeweiligen Dozentin/ Dozenten abzustimmende, abschließende Prüfungsleistung ein.

Die Anzahl der anrechenbaren Credits ergibt sich aus den Bestimmungen gemäss §17 der jeweiligen DPO 03 für Bio- bzw. Chemieingenieurwesen.

- Bei Vorlesungen und Übungen werden die SWS mit dem Faktor 1,5 multipliziert. Beispiel: 1V/1Ü entsprechen 2 SWS und somit 3 Credits.
- Bei Vertiefungspraktika werden für 6 SWS 4 Credits angerechnet.
- Als Seminare gekennzeichnete Veranstaltungen geben keine anrechenbaren Credits.

Diese Broschüre erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Aktuelle Änderungen der hier aufgeführten Veranstaltungen, sowie eventuelle zusätzliche Angebote sind den Aushängen der jeweiligen Lehrstühle und Arbeitsgruppen zu entnehmen.

Abkürzungen:	V	Vorlesung
	Ü	Übung
	P	Praktikum
	S	Seminar
	C	Credits
	WS	Wintersemester

SS Sommersemester  
SWS Semesterwochenstunden



# Lehrstuhl Anlagensteuerungstechnik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Process Control Fundamentals (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: The course teaches basic tools for the analysis and design of control systems:

- Stability definitions
- Frequency response, Nyquist criterion
- Relations of time domain and frequency domain responses
- Controller types, tuning rules for P/I/D-controllers, loop shaping
- Robustness, performance limitations
- Design using frequency response approximation
- Stability criteria for feedback systems with static nonlinearities

Objectives:

The students are able to analyse and to solve industrial single loop controller design problems for plants with predominantly linear dynamics. The students understand the basic trade-offs and limitations of controller performance and are able to choose a suitable control structure and to design robust controllers as well as to analyse the reasons for controller malfunctions

Audience addressed:

This course is offered only to students from the Master Program Chemical Engineering and from the Diplomstudiengang Bioingenieurwesen.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Engell und wiss. Mitarbeiter

Sprache: Englisch

Lehrangebot: SS

### **Modeling of Dynamic Systems I (First principles models) (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Dynamic models are increasingly used for process development, operator support, plant monitoring and process supervision and control. This course treats theoretical modelling, model reduction and aspects of the numerical solution of different types of systems (Differential Algebraic Equation Systems, Partial Differential Equation Systems).

Contents:

1. Modeling: General aspects
  - Dynamic systems
  - Model building, model
  - Basic approaches to modeling
  - Evaluation of models
2. Modeling and simulation of distributed parameter systems

- Fundamental equations
- Initial and boundary conditions
- Solution of partial differential equation systems
- 3. Differential Algebraic Equation Systems
  - Index of a DAE system
  - Numerical solution
  - Dynamic change of the structure of a DAE system
- 4. Model simplification
  - Input-output behaviour of linear systems
  - Simplification of linear systems
  - Concepts for nonlinear systems

Prerequisites:

Content of the lectures: “Prozessdynamik und Regelung“  
or “Systemanalyse“  
or “Process Modeling and Optimization“

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Engell und wiss. Mitarbeiter  
Sprache: Englisch  
Lehrangebot: SS

## **Modelling of Dynamic Systems II (System Identification) (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: The course gives an introduction to black box modeling of linear and nonlinear models. Sampled-data systems are treated theoretically as a basis for the parameter estimation approaches for linear systems. The differences between the common approaches (ARX, ARMAX, OE) are discussed and investigated in the tutorials. Additionally, perceptron and radial basis function neural networks are introduced as models of nonlinear static and dynamic systems.

Contents:

1. Identification of simple models from step responses
2. Parameter identification
  - Basic idea
  - Mathematical description of sampled-data systems
  - ARX- / simple least squares estimation
  - Other identification approaches
3. Modeling using nonlinear black-box models
  - Motivation
  - Perzeptron Neural Nets
  - Radial-Basis-Function-Nets
  - Dynamic models
  - Quality of models
  - Evaluation
4. Quality of models
  - Sources of errors, limits of accuracy
  - Model accuracy and controller performance

Objectives:

The students can apply modern methods and algorithms to identify linear and nonlinear dynamic process models from measured data and can judge the quality and the limitations of data-based models.

Prerequisites:

Content of the lectures: "Prozessdynamik und Regelung"  
or "Systemanalyse"  
or "Process Modeling and Optimization"

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Engell und wiss. Mitarbeiter  
Sprache: Englisch  
Lehrangebot: SS

## **Batch Process Operation (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: The aim of the course is to raise awareness of the importance of batch processes and their control. After the course the students should understand the specifics of batch processes, their modelling, formal analysis and control. Furthermore, the operation of batch processing plants and their scheduling are introduced.

Contents:

1. Operation of a single batch process
  - Specific properties of batch processes
  - Modeling of batch processes
  - Batch process design
  - Safety aspects
  - Control hierarchy
  - Trajectory optimization (offline and online)
  - Measurement problems and state estimation
  - Low-level control
  - Optimal design and operation
2. Operation of batch processing plants
  - Structure of batch processing plants
  - Hierarchy of processes, plants and recipes
  - Modeling of planning and scheduling problems
  - Complexity aspects
  - Scheduling algorithms

Prerequisites:

Content of the lectures: "Prozessdynamik und Regelung"  
or "Systemanalyse"  
or "Process Modeling and Optimization"

Dozent: Dr. Krämer, INEOS Köln  
Sprache: Englisch  
Lehrangebot: SS

## **Multivariable Control (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: The course gives an introduction to the design of controllers for plants with interacting variables (multivariable systems)

Contents:

- Description of multivariable dynamic systems
- Poles, zeros, zero directions
- Stability criteria
- Classical design methods: sequential loop closure, approximate decoupling
- Multivariable frequency response approximation
- Robustness
- Control structure selection
- Introduction to linear model-predictive control

Prerequisites:

Content of the lectures: “Prozessdynamik und Regelung“  
or “Systemanalyse“  
or “Process Modeling and Optimization“  
and “Prozessautomatisierung“  
or “Process Control Fundamentals”

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Engell und wiss. Mitarbeiter

Sprache: Englisch

Lehrangebot: SS

## **Advanced Process Control (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: The course gives an introduction to state of the art advanced control methods:

- Analysis of linear dynamic systems: stability, controllability, observability
- State space controller design techniques
- Observers, Kalman filter, observer-based control
- Nonlinear observers, extended Kalman filter,
- Gain scheduled controllers,
- Exact feedback linearization
- Linear constrained model predictive control,
- Nonlinear model predictive control, direct optimizing control

Prerequisites:

Content of the lectures: “Prozessdynamik und Regelung“  
or “Systemanalyse“  
or “Process Modeling and Optimization“  
and “Prozessautomatisierung“  
or “Process Control Fundamentals”

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Engell und wiss. Mitarbeiter

Sprache: Englisch

Lehrangebot: WS

## **Logic Control (2V/2Ü)**

Lehrinhalte: Logic controllers are widely used to supervise a safe operation of processes, and to enforce desired operating sequences. In many applications, such controllers are realized by Programmable Logic Controllers (PLCs) or Distributed Control Systems. The course covers the underlying mathematical models and notions, teaches basic design concepts for logic control, and introduces into the programming of PLCs. In the tutorials, the students design, implement, and test logic controllers for simple examples.

Goals: The students know the importance of logic control and the state of the art of the technology used to implement such controllers. They can analyse and formalize the tasks of a logic controller and can formally specify its behaviour. They are able to implement simple logic controllers and to apply modern techniques for their analysis. They can evaluate the complexity of a logic control task.

### Structure of the Course:

1. Introduction: motivation and application examples for logic control
2. Mathematical foundations: Boolean algebra and functions
3. Hardware realization of logic controllers
4. Fundamentals of PLC programming: PLC operating systems and standard functions
5. Programming languages according to the international standard IEC 61131-3 (including function block diagrams, ladder diagrams, and instruction lists), sequential controllers: specification by sequential function charts
6. Mathematical tools for the design and analysis of logic controllers

Prerequisites:  
intermediate examination

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Engell und wiss. Mitarbeiter

Sprache: Englisch

Lehrangebot: SS

Literatur: Lewis: Programming industrial control systems using IEC 1131-3. IEE, Herts., United Kingdom, 1995.  
Wellenreuther u. Zastrow: Steuerungstechnik mit SPS. Vieweg, 1995 (in German).  
John u. Tiegelkamp: SPS-Programmierung mit IEC 1131-3. Springer, 1995 (in German).

## **Prozessführung für verfahrenstechnische Anlagen / Process Control in the Chemical and Pharmaceutical Industry (2V)**

Lehrinhalte: Die Vorlesung gibt einen Überblick über industrielle Automatisierungsaufgaben sowie die Methoden und die technischen Grundlagen zu ihrer Lösung.

The course gives an overview of and an introduction to the state of the art in industrial process control. The available technology and the

limitations encountered in practice are discussed.

Dozent: PD Dr. Klatt, Bayer Technology Services

Sprache: Deutsch oder Englisch

Lehrangebot: WS

### ***Vertiefungspraktika***

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

# Lehrstuhl Anlagen- und Prozesstechnik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Cost Engineering (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Grundlegende Begriffe aus Betriebs- und Volkswirtschaft aus Sicht der Chemieindustrie und des Anlagenbaus
    - Märkte, Marktkräfte
    - Geschäftsmodelle
    - Unternehmensbilanz, -finanzierung
    - Investitionsrechnung
    - Investitionsbewertung
  2. Kostenschätzung von Chemieanlagen
    - Begriffe und Anwendungsbereiche
    - Methoden für Chemieanlagen
    - Methoden für Einzelgewerke
    - Kostenkalkulation für Apparate
  3. Vertragsformen
  4. Risikoanalyse, -management
    - Konzepte der Risikobewertung
    - Der Begriff Contingency
    - Monte-Carlo-Methode
  5. Value Engineering  
Planung und Kontrolle von Kosten und Terminen
    - Work-break-down Structure
    - Netzplantechnik
    - Kostenplanung (Budgetieren der geschätzten Kosten)
  6. Earned-Value Analyse

Dozent: Dr. Dietz

Lehrangebot: WS

### **Computer Aided Plant Design (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Computer Use in Plant Design
    - Workflow in Plant Engineering
    - Documentation
    - Database Technology
    - Standard Application Software
  2. Software Use in Plant Engineering
    - CAD Basics
    - Design and Evaluation of Flow Diagrams (Focus P&ID)
    - Conceptual Plant Design
    - Plant Layout, Piping Design
    - Detail Engineering
  3. Application Example

- Drafting a Flow Diagram
  - 3D Layout Planning
4. Exercises

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker und wiss. Mitarbeiter  
Lehrangebot: SS

### **Dynamic Process Simulation (1V/2Ü)**

Lehrinhalte: Dynamic processes are characterised by time dependent variables like hold-ups, concentrations and reaction conversions. Typical examples are the start up and shut down of plants and batch processes. This course imparts knowledge of the dynamical simulation of complex processes by an example which consists of storage tanks, a reactor, a heat exchanger and a separation of the products. For this purpose, the theoretical basics of stationary and dynamic simulation and process modelling as well as systematic approaches are described in advance. The commercial programme gPROMS<sup>®</sup> is used as simulation software, whose structure and syntax language will be introduced. The key aspects of the exercises are the preparation of models of the unit operations, the balancing of the components, the link of the single unit models to an overall process model and the technical interpretation of the simulation results.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker und wiss. Mitarbeiter  
Lehrangebot: SS

### **Dynamische Prozesssimulation (1V/2Ü)**

Lehrinhalte: Dynamische Prozesse sind durch die Zeitabhängigkeit der Variablen wie beispielsweise Füllstände, Konzentrationen und Reaktionsumsätze gekennzeichnet. Klassische Beispiele hierfür sind das An- und Abfahren von Anlagen und Batch-Prozesse. Am Beispiel eines Gesamtprozesses, bestehend aus Speichertanks, Reaktor, Wärmetauscher und einer Aufreinigung der Produkte, vermittelt der Kurs grundlegende Kenntnisse zur dynamischen Simulation komplexer Prozesse. Dabei werden vorab theoretische Grundlagen zur stationären und dynamischen Simulation, Modellierung sowie systematische Vorgehensweisen beschrieben. Als Simulationsprogramm wird die kommerzielle Software gPROMS eingesetzt, deren Aufbau und Syntax vorgestellt werden. Schwerpunkte der Übungen sind die Aufstellung von Modellen für die einzelnen Unit-Operations, die Bilanzierung der Komponenten, die Verschaltung der Einzelmodelle zum Gesamtprozess sowie die verfahrenstechnische Interpretation der Simulationsergebnisse.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker und wiss. Mitarbeiter  
Lehrangebot: WS



## **Good Manufacturing Practice bei der Herstellung von Biopharmazeutika (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Biotechnologisch-pharmazeutische Herstellprozesse
  2. Qualitätssysteme und GMP-Rahmenbedingungen
  3. Rechtsgrundlagen, Richtlinien, Arzneimittelbehörden, Inspektionen
  4. GMP-Anforderungen
    - Räume und Ausrüstung, Personal, Dokumentation, Qualitätskontrolle
    - Umgang mit Prozessänderungen und -abweichungen
    - Anlagenqualifizierung und Prozessvalidierung
  5. Design biotechnologischer Produktionsanlagen
    - Allgemeine Designkonzepte
    - GMP Anforderungen an Kernprozess und Unterstützungsfunktionen

### Übungen:

- GMP-gerechtes Design biotechnologischer Produktionsanlagen
- Analyse behördlicher Verwarnungen
- „Richtiges Lesen“ von Regelwerken

Dozent: Dr. Behme, Schering AG Berlin

Lehrangebot: WS

Literatur: Skript

## **Managementmethoden und Softskills (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Das Modul ergänzt die fachspezifische Ausbildung durch die Vermittlung von Methoden zur Entwicklung individueller Arbeitstechniken und Verhaltensweisen. Hierzu werden Vorlesungen und seminaristische Übungen zu folgenden Themenschwerpunkten durchgeführt:

- Kommunikation
- Konfliktlösungsstrategien
- Präsentationstechnik
- Gesprächsführung
- Zeitmanagement
- Bewerbungen

Darüber hinaus gibt die Lehrveranstaltung eine Einführung in

- allg. Managementmethoden (Planen, Organisieren/Strukturieren, Personalführung, Personalentwicklung, Controlling)
- Problemanalyse
- Entscheidungsfindung
- Projektorganisation und Aufgaben des Projektmanagement.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. i. R. Schmidt-Traub

Lehrangebot: WS

## **Rechnergestützte Anlagenplanung (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Rechnereinsatz in der Anlagenplanung
    - Planungsablauf
    - Dokumentation
    - Datenbanksysteme
    - Standardsoftware
  2. EDV-Einsatz im Anlagenbau
    - CAD-Technik
    - Fließbilder (Schwerpunkt R&I) (Erstellen und Auswerten)
    - Konzeptionelle Anlagenplanung (Layoutplanung, Rohrleitungsplanung Detailplanung)
  3. Anwendungsbeispiel (Fließbilderstellung und 3D Layoutplanung)
  4. Praktische Übungen

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS und WS

Literatur: Skript

## **Simulation stationärer Prozesse (1V/2Ü)**

Lehrinhalte: Die Lehrveranstaltung soll nach einer Einführung in die Grundlagen der Prozesssimulation den Umgang mit der Flowsheetingsoftware ASPEN PLUS vermitteln. Dabei wird zunächst der Umgang mit dem Programmpaket vorgestellt, um dann an konkreten Beispielen die Funktionen zu erläutern. Anhand eines Beispielprozesses werden verschiedene Unit-Operation Modelle und der Einsatz der Tools Sensitivitätsanalyse und Design Spezifikation vermittelt. In einem weiteren Block wird auf die Verwendung von Stoffdatenberechnungsmodellen und Stoffdaten, sowie auf die Stoffdatenschätzung eingegangen.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: WS

Literatur: Skript und vorlesungsbegleitende Unterlagen werden ausgegeben.

## **Steady State Process Simulation I+II (1V/2Ü)**

Lehrinhalte: The intention of this course is to provide an overview on the basics of process simulation and to explain how to handle the flowsheeting software ASPEN PLUS. The first part focuses on the use of the software package itself before illustrating single functions on particular examples. Several Unit-Operation-Models, application of sensitivity analysis tools and design specifications will be discussed on the basis of a chemical process. The second part is targeted on the use of the implemented property calculation models and property estimation.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS

Literatur: all required lecture notes will be provided.

## Technical Chromatography (1V/1Ü)

- Lehrinhalte: Chromatography is an important high purity separation process in fine chemistry and pharmaceutical production. Due to its low process temperatures and high selectivities even separation of molecules with similar chemical structure such as biomolecules is possible. This course deals with the field of technical chromatographic processes beginning with the choice of suitable systems up to computer aided design and optimization for industrial purpose. In the beginning the principles of chromatography are shown experimentally in the chair of plant design laboratory. Then the course explains the thermodynamics, phase systems, process concepts and modelling as a basis for the computer tutorials. Using the simulation tool gPROMS the idea of design and optimization of technical chromatographic processes will be practised.
- Principles of chromatography
  - Thermodynamics
  - Phase systems
  - Process concepts
  - Modelling and simulation
  - Tutorials: simulation with gPROMS process design and optimization
  - Laboratory: chromatographic experiment

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: Summer term (English)

Literatur: Script

## Verfahrenstechnische Prozessentwicklung (1V/1Ü)

- Lehrinhalte:
1. Allgemeine Vorgehensweise bei der Entwicklung von Prozessen
    - Feasibility-Study
    - Process- and Basic-Design
    - Prozesssynthesestrategien, Entwicklung eines konzeptionellen Fließbildes
  2. Rahmenbedingungen der Prozessentwicklung
    - Gesetzliche Grundlagen für Planung, Bau und Betrieb von Anlagen
    - Informationsbeschaffung, z. B. Stoffdatenversorgung
  3. Am Beispiel der Synthese von Methylethylketon
    - Syntheserouten
    - Reaktorauswahl und -dimensionierung
    - Sequentielle und simultane Materialbilanzierung
    - Short-Cut-Dimensionierung der Unit-Operations
      - Kondensation
      - Absorption
      - Rektifikation
      - Extraktion
    - Systematische Entwicklung der prozessinternen Wärmenutzung (Pinch-Analyse)

- Abschätzung der Investitions- und Produktionskosten

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Schembecker

Lehrangebot: WS

Literatur: Folien- und Aufgabensammlung, Vorlesungsmitschrift

### ***Vertiefungspraktika***

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

# Lehrstuhl Biotechnik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Systembiotechnologie (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: In der Vorlesung wird die Anwendung von Methodiken des Chemieingenieurwesens für die Beantwortung von biologischen Fragestellungen gelehrt (Metabolic Engineering). Dabei wird vermittelt, welche Kenntnisse über die Zelle als kleinster biologischer Reaktor notwendig sind, um einen erfolgreichen biotechnologischen Prozess zu entwerfen.  
Lösungen von Beispielaufgaben werden in den Übungen erarbeitet.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank, Dr. Bühler

Lehrangebot: SS

Literatur: Skript; weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben

### **Chemische Biotechnologie (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: In der Veranstaltung werden Grundkonzepte biokatalytischer Verfahren vorgestellt. Dabei werden sowohl Ganzzell-, als auch auf isoliertem Enzym basierende Prozesse detailliert behandelt. Im ersten Teil liegt der Schwerpunkt auf dem Biokatalysator. Es werden Grundlagen der Enzymologie aufgefrischt und Screening- und Proteinreinigungsmethoden, sowie Katalysatordesign gelehrt. Im zweiten Teil wird die Umsetzung der Biokatalyse in einen industriell funktionalen Prozess vorgestellt. Prozessentwicklungen, deren Limitationen sowie Lösungskonzepte werden diskutiert. In den Übungen werden die Teilnehmer anhand von wissenschaftlichen Publikationen lernen, diese zu lesen und kritisch zu beurteilen. Abschließend werden Fallbeispiele aus der Industrie diskutiert.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Otto, Dr. Bühler

Lehrangebot: SS

Literatur: Skript; weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben

### **Bioanalytik (3V)**

Lehrinhalte: Die Vorlesung beinhaltet die wichtigsten analytischen Techniken der modernen Biotechnologie wie Chromatographie, Elektrophorese, Massenspektrometrie, Proteinanalyse und Bio-Assays. Darüber hinaus wird an einem Beispiel der Systembiotechnologie die Integration verschiedener Datensätze erläutert.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank, PD Dr. Baumbach, Prof. Dr. Manz, Prof. Dr. rer. nat. Spiteller

Lehrangebot: WS

Literatur: Skript; weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben

## **Vertiefungspraktika**

### **Bioanalytik (4P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum vertieft das Gelernte durch praktische Laboraufgaben. Es werden Versuche zu Fehlerbetrachtung und Statistik, zu anorganischen Analysenverfahren und zu organischen Analysenverfahren durchgeführt. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit ein eigenständiges Arbeiten der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank, PD Dr. Baumbach, Prof. Dr. Manz, Prof. Dr. rer. nat. Spittler

Lehrangebot: WS

Literatur: Skript

### **Biotechnologie (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die wissenschaftliche Forschung. Hauptaugenmerk ist die quantitative Analyse von biotechnologischen Prozessen. Dabei werden sowohl mikrobielle als auch analytische Methoden gelehrt und von den Studenten selbständig eingesetzt. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit eine individuelle Betreuung der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank, Dr. Bühler, Dr. Otto

Lehrangebot: SS/WS

Literatur: Original Literatur

### **Biochemie (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die wissenschaftliche Forschung. Hauptaugenmerk sind biochemische Methoden für die Charakterisierung und Anwendung von technisch relevanten Enzymen. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit eine individuelle Betreuung der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Bühler, Dr. Otto

Lehrangebot: SS/WS

Literatur: Original Literatur

### **Mikrobioverfahrenstechnik (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die wissenschaftliche Forschung. Hauptaugenmerk ist das Down-scaling von biologischen Prozessen in den Milli- und Microliter Maßstab. Nach Interesse und Laborerfahrung können auch Arbeiten bis auf die Ebene von Einzelzellen angeboten werden. Einzelzellarbeiten werden am Institute for Analytical

Sciences (ISAS) durchgeführt (<http://www.ansci.de>). Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit eine individuelle Betreuung der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank

Lehrangebot: SS/WS

Literatur: Original Literatur

### **Technische Enzymologie (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die wissenschaftliche Forschung. Hauptaugenmerk ist die Anwendung von Enzymen für die Synthese von industriell relevanten Chemikalien. Dabei werden sowohl mikrobielle als auch analytische Methoden gelehrt und von den Studierenden selbständig eingesetzt.

Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit eine individuelle Betreuung der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Bühler, Dr. Otto

Lehrangebot: SS/WS

Literatur: Original Literatur

### **Angewandte Biokatalyse (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die wissenschaftliche Forschung. Hauptaugenmerk ist die Durchführung von industriell relevanten Fermentationsprozessen. Dabei werden sowohl mikrobielle als auch analytische Methoden gelehrt und von den Studierenden selbständig eingesetzt. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit eine individuelle Betreuung der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank, Dr. Bühler, Dr. Otto

Lehrangebot: SS/WS

Literatur: Original Literatur

### **Systembiotechnologie (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die wissenschaftliche Forschung. Hauptaugenmerk ist die ganzheitliche Analyse von mikrobiellen Kulturen. Dabei werden sowohl mikrobielle als auch analytische Methoden gelehrt und von den Studierenden selbständig eingesetzt. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit eine individuelle Betreuung der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank, Dr. Bühler

Lehrangebot: SS/WS

Literatur: Original Literatur

## **Mikrobiologie (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die wissenschaftliche Forschung. Hauptaugenmerk ist das Erlernen von mikrobiellen Techniken. Dieses beinhaltet auch moderne Verfahren der Molekularbiologie. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, damit eine individuelle Betreuung der Studierenden gewährleistet werden kann.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Schmid, Dr. Blank, Dr. Bühler, Dr. Otto

Lehrangebot: SS/WS

Literatur: Original Literatur



## **Arbeitsgruppe Bioverfahrenstechnik**

### ***Vertiefungsvorlesungen und -übungen***

Der Lehrstuhl bietet zurzeit keine Vertiefungsveranstaltungen an.

### ***Vertiefungspraktika***

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

# Lehrstuhl Mechanische Verfahrenstechnik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Dimensionierung mechanischer Trennapparate (4Ü)**

Lehrinhalte: An ausgewählten Beispielen wird die Auslegung einzelner mechanischer Trennapparate und die Verschaltung einzelner Trennstufen mit anderen Verfahren zu Anlagenverbunden geübt, in denen die im allgemeinen anfallenden mehrphasigen Stoffströme möglichst weitgehend nach den einzelnen Phasen aufgetrennt werden, um entweder umweltrelevante Gas- und Flüssigkeitsströme von anderen Phasen zu trennen oder die möglichst vollständig abgetrennten Komponenten in die Produktion zurückzuführen.

Das Aufgabenmaterial wird an die Teilnehmer dieses Kurses ausgegeben. Für alle Aufgaben sind von den Teilnehmern unter Hilfestellung der Mitarbeiter des Lehrstuhls Lösungen zu erarbeiten, die im einzelnen auf Richtigkeit überprüft werden.

Die erarbeiteten Lösungswege werden von den Teilnehmern in Seminarform vorgestellt.

Dozent: Prof. Dr. techn. Walzel und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS

Literatur: Hinweise werden bei Ausgabe der Übungsaufgaben gegeben

### **Drops, Bubbles and Films in Process Engineering (2V)**

Lehrinhalte: Multiphase processes with discrete phases occur in a variety of technical processes. A description of the mostly complex heat and material exchange processes can be done only with a profound understanding of hydromechanics.

Subject is the forming of droplets and bubbles, the production, the behaviour, and the disruption of droplets and bubbles in a fluid surrounding, as well as the generation and the behaviour of lamella and films, as for example in coating processes. Typical applications with multiphase processes are treated and can be calculated with the presented relations.

Dozent: Prof. Dr. techn. Walzel

Lehrangebot: SS

Literatur: Row manuscript (copies of used transparencies)

### **Elektromechanische Verfahren (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Grundlagen der Elektrostatik
  2. Elektrofilter
    - Einstufige Trocken- und Nasselektrofilter
    - Zweistufige Elektrofilter

3. Elektrostatisches Zerstäuben
  - Elektrisches Aufladen von Sprays
  - Elektrostatisches Zerstäuben
  - Inverses elektrostatisches Zerstäuben
4. Elektrostatische Aufladungen
  - Grundlagen der statischen Elektrizität
  - Entstehung und Neutralisation von Aufladungen
5. Elektrokinetische Verfahren
  - Elektrophorese
  - Elektroosmose
6. Trennverfahren
  - Magnetscheider
  - Elektrostatisches Trennen

Dozent: Prof. Dr. techn. Walzel, Dr.-Ing. Wiggers

Lehrangebot: WS

Literatur: Hinweise werden in der Vorlesung gegeben

## **Entstaubungstechnik (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Grundlagen
    - Entstehung von Staub und Eigenschaften
    - Gesetzliche Grundlagen zur Luftreinhaltung
    - Einsatz von Staubabscheidern
    - Staubmesstechnik
  2. Massenkraftabscheider
    - Schwerkraftabscheider
    - Trägheitsabscheider
    - Zyklonabscheider
  3. Filternde Abscheider
    - Wirkungsweisen
    - Speicherfilter
    - Abreinigungsfilter
      - Filtermaterialien
      - Abreinigungsverfahren
      - Dimensionierung
      - Bauformen
      - Betrieb und Wartung
  4. Elektrofilter
    - physikalische Grundlagen
    - Aufbau von elektrischen Staubabscheidern
    - Hochspannungsversorgung
    - Betriebsprobleme
  5. Nassabscheider
    - physikalische Grundlagen
    - Dimensionierung von Nassabscheidern
    - Nassabscheider-Bauarten
  6. Wahl des Staubabscheiders

Dozent: Prof. Dr. techn. Peter Walzel, Dr.-Ing. Helmut Wiggers  
Lehrangebot: SS  
Literatur: Hinweise werden in der Vorlesung gegeben

## **Mechanische Trennverfahren (2V/1Ü)**

Lehrinhalte: Es wird die Gestaltung von Maschinen, Apparaten und kompletten Anlagen zum mechanischen Trennen von Partikeln aus Flüssigkeiten und Gasen behandelt. Dazu gehören: Absetzbecken, Zentrifugen, Zyklone, Filter und Wäscher. Es werden die bekannten Methoden der Auslegung zu vorgegebenen typischen Anwendungsfällen besprochen. Die Grundlagen werden kurz wiederholt. Weitere diskutierte Trennverfahren betreffen das Trennen von Partikelgemischen nach der Korngröße mit Sieben und hydraulischen oder pneumatischen Sichern. Es folgt das Trennen nach der Dichte in Schwimm-Sinkanlagen und Setzanlagen, sowie die Auslegung von Apparaten und Maschinen für diese Aufbereitungsverfahren. Zuletzt wird das Trennen nach den Benetzungseigenschaften von Partikeln in der Flotation behandelt.

Dozent: Prof. Dr. techn. Walzel  
Lehrangebot: WS  
Literatur: Rohmanuskript (Kopie der gezeigten Folien)

## **Optische Messmethoden in den Ingenieurwissenschaften (2V)**

Lehrinhalte:

1. Grundlagen der linearen und nichtlinearen Optik, Quantenoptik
  - Wellentheorie
  - optische Strahlungsquellen, Wirkungsweise eines Lasers
  - optische Filter
  - optische Bauelemente
  - Modulatoren
2. Grundlegende optische Messmethoden
  - Entfernungs- und Geschwindigkeitsmessung
  - Interferometrie
  - Spektrometrie (Raman, Reyleigh, ...)
  - Brechungsindexbasierte Verfahren
  - PDA, LDA, PIV, ...
3. Industrielle Applikationen
  - Durchflussmesser
  - Füllstandsanzeigen
  - Positionier-Einmessung
  - Temperaturmessung

Dozent: Prof. Dr. techn. Walzel, Dr.-Ing. Landwehr  
Lehrangebot: WS  
Literatur: Hinweise werden in der Vorlesung gegeben

## **Processing and Separation of Particulate Solids (2V/1Ü)**

Lehrinhalte: Subject is the design of machines, apparatus, and complete plants for mechanical separation of particulates from fluids and gases, as for example sedimentation tanks, centrifuges, cyclones, filters and scrubbers. For typical applications the theoretical background for their design will be treated. The fundamentals are shortly repeated. Further discussed separation processes consider the separation of particle mixtures according to their size with sieves on a technical scale and by means of hydro or air separators. The design of separation processes due to material density is treated as in swim-sinking installations, jiggling devices and herds, as well as the design of apparatus and machines for separation procedures taking advantage of different electrical and electromagnetic properties. Finally the separation according to the different wetting conditions of particles in floatation plants is treated.

Dozent: Prof. Dr. techn. Walzel, Dr.-Ing. Wiggers

Lehrangebot: SS

Literatur: Row manuscript (copies of used transparencies)

## **Produktgestaltung und Formulierung (2V)**

Lehrinhalte: Die Produkteigenschaften von Feststoffen hängen in hohem Maß von der Partikelgröße, Partikelform, Porenstruktur sowie der Lieferform, z.B. als Pulver, Dispersion, Granulat, Mikroemulsion und dgl. ab. Die Primärpartikelgröße kann durch die Fäll- bzw. Kristallisationsbedingungen eingestellt werden. In der Pharmakologie kommt es auf eine gezielte Freisetzung von Medikamenten an. Dies kann nur durch eine geeignet Verkapselung mit definierten Schichten und Diffusionseigenschaften der Membran erreicht werden. Die Feststoffbildung erfolgt häufig erst in der Trocknung, wenn man von Lösungen ausgeht. Es werden die wichtigsten Verfahren zur gezielten Herstellung partikulärer Feststoffe mit einer bestimmten Struktur, das Herstellen von Granulaten, Agglomeraten, und flüssigen Formulierungen behandelt. Ebenso werden die Verfahren zum Aufbau dünner Schichten, von Membranen, Kapseln sowie von flüssigen und festen Dispersionen besprochen.

Dozent: Prof. Dr. techn. Walzel

Lehrangebot: SS

Literatur: Rohmanuskript (Kopie der gezeigten Folien)

## **Waste Treatment – No Contrast to Clean Production (2V)**

Lehrinhalte:

1. Waste avoiding strategies
2. Clean production
  - Environmental policy and product design
  - Production integrated environmental protection
  - Selected examples
  - Comparison of integrated and additive environmental protection
3. Closed substance cycles

- Vision of a community without waste
- Recirculation of process materials
- Recirculation of used substances
- Ecological and economical effects
- 4. Utilization/marketing of valuable substances
  - Collecting systems
  - Rubbish
  - Residues from power stations
  - Packaging of glass, paper, metal and plastics
- 5. Coincineration of fuel substitutes/secondary fuels of domestic and special waste
  - Animal carcasses, production waste and refuse derived fuel (RDF)
  - Cement plants
  - Power stations
  - Steelworks
- 6. Waste disposal
  - Mechanical and biological treatment
  - Incineration
  - Gasification and degasification
  - Controlled dumping
  - cost of different treatments
- 7. Problems with methods of valuation

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Neukirchen

Lehrangebot: SS

### ***Vertiefungspraktika***

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

# Arbeitsgruppe Strömungsmechanik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Strömungen mit freien Grenzflächen (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Blasen, Menisken, Tropfen, hydrostatisch
  2. Zweidimensionale Filmströmung
  3. Wellen an Grenzflächen durch Scherung
  4. Filme in der Prozesstechnik
  5. Kapillarer, viskoser Freistrahler mit Zerfall
  6. Filmsieden an beheizter Wand

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ehrhard und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS

Literatur: Skript

### **CFD in der Misch- und Reaktionstechnik (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Die numerische Strömungsmechanik gewinnt in vielen Bereichen der industriellen Praxis zunehmend an Bedeutung. Durch den Einsatz immer leistungsfähigerer Rechnersysteme ist mit Hilfe von CFD-Software ein immer tieferer Einblick in zum Teil komplexe Strömungsgeometrien möglich, der sich auf experimentellem Wege nicht oder nur mit erheblich größerem Aufwand erzielen lässt. Der Ingenieur wird so in die Lage versetzt, die Leistungsfähigkeit neuer Apparatebauarten oder Prozesse bereits vor deren Fertigung oder Inbetriebnahme vorhersagen zu können, was sich letztlich in einer Verkürzung der Designzyklen niederschlägt.

Im Rahmen der Lehrveranstaltung wird eine Einführung in die grundsätzliche Vorgehensweise beim Einsatz von CFD-Tools gegeben. Mit Hilfe einer kommerziellen CFD-Software werden die Lerninhalte anhand ausgewählter Beispiele illustriert.

Die Lerninhalte lassen sich in folgende Themenbereiche untergliedern:

- Gittergenerierung
- Arbeitsschritte einer CFD-Analyse
- Wiederholung numerischer Grundlagen
- Anforderung an Rechennetze
- Elementtypen und deren Bewertung
- Automatische Gitternetzherzeugung
- Berechnung turbulenter Strömungen
- Überblick über die Berechnungsverfahren
- Prinzip der Wirbelviskosität
- Turbulenzparametermodelle
- Reynoldsspannungsmodelle
- Reaktordesign

- Rührkesselreaktoren
- Mantelgekühlte Rohrbündelreaktoren
- Mikroreaktoren
- Anwendungsbeispiele in Forschung und Industrie (Fachvorträge von Vertretern aus dem Fachbereich und der Industrie)

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ehrhard, Prof. Dr. Ph. D. Agar

Lehrangebot: WS

## **Messtechnik in Fluiden (2V/2Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Optische Messverfahren für Brechungsindexfelder (Dichte, Temperatur)
  2. Lokale Messung der Geschwindigkeit (Prandtl-, Hitzdrahtsonden, LDA)
  3. Elektrische und induktive Verfahren (Durchfluss)
  4. „Particle Image Velocimetry“ (PIV, Geschwindigkeitsfelder)
  5. Laser-induzierte Fluoreszenz (LIF, Dichte-, Temperaturfelder)
  6. Übungen im SM Labor mit selbständiger Anwendung der wichtigsten Messverfahren

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ehrhard

Lehrangebot: WS (Blockveranstaltung)

Literatur: W. Merzkirch: Flow Visualization, Academic Press, New York 1974

## **Strömung und Transport in Mikrokanälen (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Klassifizierung von Mikroströmungen
  2. Molekulardynamische Simulation, Boltzmann-Gleichung
  3. (modifizierte) Kontinuums-Modelle
  4. Gasströmung im Mikropalt
  5. Flüssigkeitsströmung mit elektrokinetischen Effekten
  6. Mikro-Wärmetauscher
  7. Messmethoden in Mikrokanälen
  8. Druckabfall, Wärmeübergang und laminar/turbulente Transition in Mikrokanälen

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ehrhard und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: WS

Literatur: Skript

## **Mathematische Methoden für Strömungs- und Transportprozesse (incl. CFD) (2V/2Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Konventionelle Näherungen für Strömungs- und Transportgleichungen
  2. (asymptotische) Näherungsverfahren für Grundgleichungen
  3. Diskretisierung der Grundgleichungen
  4. finite-Differenzen, finite-Elemente, finite-Volumen Verfahren



5. Gitterauswahl, Randbedingungen
6. Lösung großer Gleichungssysteme
7. Zeitdiskretisierung, SIMPLE Algorithmus
8. Übungen losgelöst von kommerziellen Codes im PC Pool mit MATLAB

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Ehrhard und wiss. Mitarbeiter  
Lehrangebot: SS (Blockveranstaltung)  
Literatur: Skript; weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben

## **Nutzung fossiler Energiequellen (2V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Einleitung
    - Mensch, Energie und Umwelt
    - Verbundnetz
  2. Energiequellen
    - Fossile Brennstoffe
    - Kohlen
    - Erdöl und Erdgas
  3. Nutzung fossiler Brennstoffe
    - Verbrennungsreaktionen
    - Statistische Verbrennungsrechnung
    - Verbrennungsablauf
  4. Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe
    - Rostfeuerungen
    - Wirbelschichtfeuerungen
    - Staubfeuerungen
    - Mahlung und Trocknung
    - Luftvorwärmung
    - Kohlenstaubbrenner
    - Brennkammerauslegung
  5. Dampferzeugung
    - Verfahren zur Dampferzeugung
    - Energiebilanz für einen Dampferzeuger
  6. Umwandlung von Wärme in mechanische Energie
    - Der Dampfkraftprozess
    - Möglichkeiten zur Verbesserung des Wirkungsgrades
    - Turbinen
    - Kühlsysteme
  7. Dynamik der MW-Erzeugung

Dozent: Prof. Dr.-Ing. i. R. Strauß und wiss. Mitarbeiter  
Lehrangebot: WS  
Literatur: Karl Strauß, Kraftwerkstechnik, Springer-Verlag 1999, 4. Auflage

## **Nutzung nicht-fossiler Energiequellen (2V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Emission thermischer Kraftwerke
    - Staubfilter

- Rauchgasentschwefelungsanlagen
  - NO<sub>x</sub> -Minderung
2. Kosten der Stromerzeugung
  3. Verbesserung des Nutzungsgrades fossiler Brennstoffe
    - Der Gasturbinenprozess
    - Kohle als Einsatzstoff für Gasturbinen
    - Der Kombi-Prozess
    - Der Zweistoff-Prozess
    - Luftspeicher-Kraftwerke
  4. Weitere Prozesse zur Nutzung fossiler Brennstoffe
    - Thermoelektrische Energiewandlung
    - Brennstoffzellen
    - Magneto-hydrodynamische Energiewandler
  5. Nutzung von Nuklearenergie
    - Kernspaltung
    - Kernfusion
  6. Nutzung regenerativer Energiequellen
    - Wasserkraft
    - Windenergie
    - Sonnenenergie
    - Aufwindkraftwerke
    - Photovoltaische Energieumwandlung
  7. Müllverbrennungsanlagen
  8. Übersicht über Umweltbelastungen und Risiken durch die Nutzung verschiedener Energiequellen

Dozent: Prof. Dr.-Ing. i. R. Strauß und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS

Literatur: Karl Strauß, Kraftwerkstechnik, Springer-Verlag 1999, 4. Auflage

## **Rheologie von Polymerschmelzen in der industriellen Praxis (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Introduction to thermoplastics and polymer melt processing
  2. Melt viscosity as function of shear rate and temperature
  3. Dependence of shear viscosity on polymer structure
  4. Time-dependent stress state (torsional rheometry)
  5. Treatment of linear viscoelasticity
  6. Mechanical spectroscopy (oscillatory shear rheometry)
  7. Tube flows (capillary rheometry)
  8. Treatment of non-linear viscoelasticity
  9. Stretching flows (elongational rheometry)
  10. Rheological constitutive equations and FE simulation
  11. Wall slip and flow instabilities in capillary flows
  12. Partially crosslinked and multiphase systems

Dozent: Prof. Dr. Laun (BASF)

Lehrangebot: WS (Blockveranstaltung)

Literatur: M. Pahl, W. Geißle, H.M. Laun, Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, VDI-Verlag Düsseldorf, 1991

## **Introduction to Rheometry (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Phenomenology of shear flow
  2. Polymer solution and melt
  3. More Rheometer Geometries & Mechanical Spectroscopy
  4. High pressure capillary rheometry
  5. Elongational rheometry
  6. Rheometry on disperse systems

Dozent: Prof. Dr. Laun (BASF)

Lehrangebot: SS

## ***Vertiefungspraktika***

Die Arbeitsgruppe bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

# Arbeitsgruppe Technische Biochemie

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Lebensmittelbiotechnologie (2V)**

Lehrinhalte: Ausgehend von traditionellen Prozessen der Lebensmittelherstellung (z.B. Wein, Bier, Sauergemüse) werden moderne Konzepte der biotechnischen Produktion von Lebensmitteln, Lebensmittelzusatzstoffen und Aromen vermittelt. Ganzzellsysteme werden dabei mit typischen enzymtechnologischen Applikationen verglichen.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. H. Zorn

Lehrangebot: WS

Literatur: PP-Präsentationen; Whitaker et al.: Handbook of Food Enzymology; Rutloff: Lebensmittelbiotechnologie

## *Vertiefungspraktika*

### **Lebensmittelbiotechnologie (4P)**

Lehrinhalte: Das Praktikum vertieft die Vorlesungsinhalte anhand von repräsentativen Beispielen. U.a. werden Lipidoxidation (LOX), reverse Lipolyse (Lipasen), Stärkehydrolyse (Amylasen) im Praktikum bearbeitet und der Erfolg der Biokatalyse analytisch erfasst.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. H. Zorn und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS

Literatur: Skript

### **Biokonversion (6P)**

Lehrinhalte: Das Vertiefungspraktikum gewährt Einblick in die aktuelle Forschung der Arbeitsgruppe. Insbesondere hydrophobe Substrate wie Mono-, Sesqui- und Tetraterpene aus industriellen Reststoffströmen werden durch Pilzenzyme zu Wertstoffen transformiert. Um eine individuelle Betreuung gewährleisten zu können, ist die Teilnehmerzahl begrenzt.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. H. Zorn und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS

Literatur: Skript

# Lehrstuhl Technische Chemie A

## Vertiefungsvorlesungen und -übungen

### Brennstoffzellen und Batterien (1V/1Ü)

- Lehrinhalte:
1. Unterschiede im Reaktionsablauf: chemische / elektrochemische Verfahren
  2. Grundbegriffe elektrochemischer Zellen, Gasdiffusions-Elektroden
  3. Brennstoffzellen
    - flüssiger Elektrolyt
      - AFC (Alkaline Fuel Cell)
      - PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)
    - Polymer-Festelektrolyt
      - PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)
      - DMFC (Direct Methanol Fuel Cell)
    - Hochtemperatur-Brennstoffzellen
      - MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)
      - SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)
    - Bereitstellung und Speicherung des Brennstoffs
    - Anwendungen (z.B. Blockheizkraftwerk, Automobil, tragbare Geräte)
  4. Batterien
    - primäre Zellen
    - sekundäre Zellen (wiederaufladbar)
      - praktische Anwendung und Lademechanismen
    - in Entwicklung befindliche Systeme

Zur Anerkennung von 1 Ü wird ein Vortrag (ca. 30 Minuten) gehalten.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Jörissen

Lehrangebot: Sommersemester, Termine nach Vereinbarung.

Literatur: Für einen Überblick:  
Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie.  
Eine Sammlung der Abbildungen wird ausgegeben.

### Einführung in die Katalyse (1V/1Ü)

- Lehrinhalte:
1. Heterogene Katalyse
    - Grundprinzipien
    - Katalysatorherstellung
    - Katalysatorcharakterisierung
    - Katalysatorarten und ihre Anwendung
  2. Homogene Katalyse
    - Grundprinzipien
    - Hydrierungen und Isomerisierungen
    - Oligomerisationen und Polymerisationen

- Reaktionen des Kohlenmonoxids
- Oxidationen
- Neue Trends

Dargestellt werden die wichtigsten Grundlagen der Katalyse sowie bedeutende Anwendungsbeispiele. In Vorlesungsabschnitten wird ein Überblick über die Katalyse gegeben. Im Übungsteil halten die Studierenden Referate über ausgewählte Einzelkapitel mit anschließender Diskussion.

<u>Dozent:</u>	Prof. Dr. rer. nat. Behr
<u>Lehrangebot:</u>	wird alle zwei Jahre im Wintersemester angeboten
<u>Literatur:</u>	A. Behr: Organometallic Compounds and Homogeneous Catalysis, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry G.W. Parshall, S.D. Ittel: Homogeneous Catalysis R. Taube: Homogene Katalyse B. Cornils, W.H. Hermann: Applied Homogeneous Catalysis with Organometallic Compounds G.C. Bond: Heterogeneous Catalysis: Principles and Applications M.G. White: Heterogeneous Catalysis J.M. Thomas, W.J. Thomas: Heterogeneous Catalysis

## **Industrielle Chemie nachwachsender Rohstoffe (1V/1Ü)**

<u>Lehrinhalte</u>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fette und Öle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ölsorten</li> <li>• Ölgewinnung</li> <li>• Fettsäuren</li> <li>• Fettester</li> <li>• Fettalkohole</li> <li>• Fettamine</li> <li>• Glycerin</li> <li>• Folgechemie der Fettstoffe</li> </ul> </li> <li>2. Kohlenhydrate <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cellulose</li> <li>• Stärke</li> <li>• Zucker</li> </ul> </li> <li>3. Pflanzliche Sekrete und Extrakte</li> </ol>
--------------------	---

Dargestellt werden die wichtigsten Klassen nachwachsender Rohstoffe. Als Auswahlkriterien für die behandelten Verfahren dienen die technologische Bedeutung der Prozesse sowie die Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Gesichtspunkte.

Ein Überblick über die Verfahren erfolgt in den Vorlesungsabschnitten. Im Übungsteil halten die Studierenden Referate über ausgewählte Einzelkapitel mit anschließender Diskussion.

<u>Dozent:</u>	Prof. Dr. rer. nat. Behr
<u>Lehrangebot:</u>	wird alle zwei Jahre im Sommersemester angeboten
<u>Literatur:</u>	A. Behr: Anwendungsmöglichkeiten der homogenen

Übergangsmetallkatalyse in der Fettchemie  
M. Eggersdorf, S. Warwel, G. Wulff: Nachwachsende Rohstoffe  
H. Eierdanz (Hrsg.): Perspektiven nachwachsender Rohstoffe in der Chemie  
G. Dieckelmann, H.J. Heinz: The Basics of Industrial Oleochemistry  
R.W. Johnson, E. Fritz: Fatty Acids in Industry  
E.H. Pryde: Fatty Acids

## **Industrielle organische Chemie I (Grundstoffe und Zwischenprodukte) (1V/1Ü)**

Lehrinhalte:

1. Grundstoffe auf Basis Erdöl/Erdgas
2. Grundstoffe auf Basis Kohle
3. Industrielle Chemie der Alkane
4. Industrielle Chemie der Alkene
5. Industrielle Chemie der Aromaten
6. Sauerstoffhaltige Zwischenprodukte
7. Halogenhaltige Zwischenprodukte
8. Stickstoffhaltige Zwischenprodukte

Dargestellt wird der enge Verbund zwischen Energie, Rohstoffen, Grundchemikalien und Zwischenprodukten in der organischen chemischen Industrie. Als Auswahlkriterien für die behandelten Verfahren dienen die technologische Bedeutung der Prozesse sowie die Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Gesichtspunkte. Ein Überblick über die Verfahren erfolgt in den Vorlesungsabschnitten. Im Übungsteil halten die Studierenden Referate über ausgewählte Einzelkapitel mit anschließender Diskussion.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Behr  
Lehrangebot: wird alle zwei Jahre im Sommersemester angeboten  
Literatur: M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken: Technische Chemie  
K. Weissermel, H.-J. Arpe: Industrielle organische Chemie  
A. Chauvel, G. Lefebvre: Petrochemical Processes  
P.J. Chenier: Survey of Industrial Chemistry

## **Industrielle organische Chemie II (Endprodukte) (1V/1Ü)**

Lehrinhalte:

1. Organische Polymere
  - Grundlagen
  - Massenkunststoffe
  - Spezialpolymere
2. Waschmittel
  - Tensidklassen
  - Anwendungen
3. Farbstoffe
  - Farbstoffklassen
  - Färbevorgänge
4. Pharmazeutika

## 5. Pflanzenschutzmittel

- Insektizide
- Herbizide
- Fungizide

Dargestellt werden die wichtigsten Endproduktklassen der industriellen organischen Chemie. Als Auswahlkriterien für die behandelten Verfahren dienen die technologische Bedeutung der Prozesse sowie die Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Gesichtspunkte. Ein Überblick über die Verfahren erfolgt in den Vorlesungsabschnitten. Im Übungsteil halten die Studierenden Referate über ausgewählte Einzelkapitel mit anschließender Diskussion.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Behr

Lehrangebot: wird alle zwei Jahre im Wintersemester angeboten

Literatur: M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken: Technische Chemie  
M. Fedtke, W. Pritzkow, G. Zimmermann: Technische organische Chemie

## Planen und Auswerten von Versuchen (1V/2Ü)

Lehrinhalte: Methoden zur Planung und Auswertung von Versuchen werden vermittelt, mit denen statistisch gesicherte Aussagen bei geringstem Versuchsaufwand erlangt werden können.

1. Anwendungsgebiete und Vorteile der statistischen Methoden
2. Statistische Grundbegriffe
  - Häufigkeitsverteilung
  - Grundgesamtheit
  - Normalverteilung
  - Standardisierte Normalverteilung
3. Testverteilungen
  - Die t-Verteilung
    - Grundlagen
    - Prinzip des statistischen Tests
    - Anwendung der t-Verteilung
  - Chi-Quadrat-Verteilung
    - Grundlagen
    - Anwendung der Chi-Quadrat-Verteilung
4. Streuungszerlegung
  - Einleitung
  - Einfache Streuungszerlegung
  - Prüfen von Streuungen
  - Doppelte Streuungszerlegung
  - Streuungszerlegung für Versuche in Blöcken
  - Streuungszerlegung für Versuche im lateinischen Quadrat
  - Mehrfache Streuungszerlegung
  - Streuungszerlegung bei Stichproben ungleicher Größe
5. Faktorielle Versuchsplanung



- Grundbegriffe der faktoriellen Versuchsplanung
  - Beispiel eines  $2^3$ -Versuchsplanes
  - Mehrfach ausgeführte  $2^n$ -Versuchspläne
  - Teilweise ausgeführte  $2^n$ -Versuchspläne
  - Möglichkeiten und Grenzen der statistischen Versuchsplanung
6. Vorhersagegleichung  
7. Optimierung mit der faktoriellen Versuchsplanung

Dozent: Prof. Dr. Dr. h.c. Engelmann  
Lehrangebot: wird im Sommersemester angeboten, Termine nach Vereinbarung.  
Literatur: Skript

### **Praktische Übung zur Elektrochemie (2Ü)**

Lehrinhalte: Ziel ist das Kennenlernen der praktischen Arbeit in der Forschung zur technischen Elektrochemie. Dies erfolgt durch Mitarbeit bei Doktoranden während des Zusammenbaus und Betriebs einer Zelle, bei der Versuchsdurchführung sowie bei der Analytik, Bilanzierung und Versuchsauswertung für beispielhafte elektrochemische Verfahren.

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Jörissen

### **Praktische Übung zur Katalyse (2Ü)**

Lehrinhalte: Ziel ist das Kennenlernen der praktischen Arbeit in der Katalysatorforschung. Dies erfolgt durch Mitarbeit bei Doktoranden während der Präparation und Wiedergewinnung von Katalysatoren, bei der Versuchsdurchführung sowie bei der Analytik, Bilanzierung und Versuchsauswertung für beispielhafte katalytische Verfahren.

Dozent: Prof. Dr. rer. nat. Behr

### **Statistische Versuchsplanung zur Qualitätsoptimierung (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Zur Optimierung eines Prozesses oder eines Produkts soll durch systematisches Sammeln von Daten mit maximaler Information mit Hilfe von statistischer Versuchsplanung ein möglichst vollständiges Verständnis der Zusammenhänge zwischen Qualitätsmerkmalen und relevanten Einflussfaktoren erreicht werden. Dabei geht es vorrangig

- um die Identifikation der qualitätsrelevanten Faktoren und
- um die Bestimmung optimaler Faktoreinstellungen mit minimalem Versuchsaufwand.

In der Vorlesung werden die wichtigsten Prinzipien statistischer Versuchsplanung vermittelt. Vorausgesetzt werden Kenntnisse über grundlegende statistische Begriffe wie Verteilungen und Merkmale. Weitergehende Kenntnisse in der statistischen Analyse und Modellierung von Zusammenhängen (Linearität und Regression, Prognose) werden erarbeitet. Ein deutschsprachiges Skript wird zur Verfügung gestellt. Bei Bedarf wird die Vorlesung aber auf englisch gehalten.

In den Übungen wird eine Fallstudie durchgeführt, in der die Daten unter Verwendung eines Simulationsprogrammes erzeugt und mit Hilfe eines Statistikpaketes ausgewertet werden.

Ein Leistungsnachweis kann durch die erfolgreiche Bearbeitung einer Abschlussübung erworben werden.

Dozent: Prof. Dr. Weihs (Fachbereich Statistik)  
Lehrangebot: wird im Wintersemester angeboten, Blockveranstaltung nach Semesterende  
Literatur: Skript

## **Technisch-elektrochemische Produktionsverfahren I (1V/1Ü)**

Lehrinhalte:

1. Besonderheiten, Vor- und Nachteile, typische Einsatzgebiete und wirtschaftliche Bedeutung elektrochemischer Produktionsprozesse
2. Alkalichlorid-Elektrolyse als - nach der Produktmenge - größtes Verfahren der chemischen Industrie
3. Einsatz und wirtschaftliche Bedeutung von Chlor und Natronlauge
  - „Chlorstammbaum“
4. Verfahrensvarianten der Alkalichlorid-Elektrolyse
  - Amalgam-Verfahren
  - Diaphragma-Verfahren
  - Membran-Verfahren
    - Zellkonstruktionen
    - Optimierung der Betriebsbedingungen
    - wirtschaftlicher Vergleich
  - Edukt- und Produkt-Aufbereitung
  - Nebenprodukt-Bildung
5. andere Verfahren mit Ionenaustauscher-Membranen
  - Elektrodialyse zur An-/Abreicherung von Salzen
  - Elektrolyse und Elektrodialyse von Salzen aus Neutralisations-Prozessen (z.B. Natriumsulfat) zur Wiedergewinnung von Säuren und Laugen
  - Wasserelektrolyse und Brennstoffzellen (Solid Polymer Electrolyte)
6. zum Verständnis der Prozesse benötigte elektrochemische Grundlagen werden an den betreffenden Stellen erläutert

Zur Anerkennung von 1 Ü wird ein Vortrag (ca. 30 Minuten) gehalten

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Jörissen  
Lehrangebot: wird im Wintersemester angeboten, Termine nach Vereinbarung.  
Literatur: Für einen Überblick:  
Ullmann´s Enzyklopädie der Technischen Chemie.  
Eine Sammlung der Abbildungen wird ausgegeben.

## **Technisch-elektrochemische Produktionsverfahren II (1V/1Ü)**

Lehrinhalte:

1. Schmelzfluss-Elektrolyse zur Produktion von:
  - Aluminium

- Alkali- und anderen Leicht-Metallen
- 2. elektrolytische Gewinnung bzw. Raffination von Metallen wie Kupfer, Zink, Nickel, Blei, Edelmetalle
- 3. Galvanotechnik
- 4. elektrochemische Werkstoffbearbeitung
- 5. elektrochemische Abwasseraufbereitung
- 6. organische Elektrosynthesen
- 7. zum Verständnis der Prozesse benötigte elektrochemische Grundlagen werden an den betreffenden Stellen erläutert

Zur Anerkennung von 1 Ü wird ein Vortrag (ca. 30 Minuten) gehalten

- Dozent: Prof. Dr.-Ing. Jörissen
- Lehrangebot: dieser Teil II wird im Wechsel mit dem anderen Teil der Vorlesung angeboten (üblicherweise im Sommersemester), Termine nach Vereinbarung.
- Literatur: Für einen Überblick:  
Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie.  
Eine Sammlung der Abbildungen wird ausgegeben.

### ***Vertiefungspraktika***

Vertiefungspraktika können am Lehrstuhl für Technische Chemie A jederzeit als Mitarbeit bei der aktuellen Forschungstätigkeit durchgeführt werden (6P = 10 Arbeitstage praktische Arbeit, maximal 150 h Bearbeitungszeit). Ansprechpartner sind Prof. Dr. rer. nat. Behr, Prof. Dr.-Ing. Jörissen oder die Mitarbeiter.

# Lehrstuhl Technische Chemie B

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **CFD in der Misch- und Reaktionstechnik (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Die numerische Strömungsmechanik gewinnt in vielen Bereichen der industriellen Praxis zunehmend an Bedeutung. Durch den Einsatz immer leistungsfähigerer Rechnersysteme ist mit Hilfe von CFD-Software ein immer tieferer Einblick in zum Teil komplexe Strömungsgeometrien möglich, der sich auf experimentellem Wege nicht oder nur mit erheblich größerem Aufwand erzielen lässt. Der Ingenieur wird so in die Lage versetzt, die Leistungsfähigkeit neuer Apparatebauarten oder Prozesse bereits vor deren Fertigung oder Inbetriebnahme vorhersagen zu können, was sich letztlich in einer Verkürzung der Designzyklen niederschlägt. Im Rahmen der Lehrveranstaltung wird eine Einführung in die grundsätzliche Vorgehensweise beim Einsatz von CFD-Tools gegeben. Mit Hilfe einer kommerziellen CFD-Software werden die Lerninhalte anhand ausgewählter Beispiele illustriert.

Die Lerninhalte lassen sich in folgende Themenbereiche untergliedern:

- Gittergenerierung
- Arbeitsschritte einer CFD-Analyse
- Wiederholung numerischer Grundlagen
- Anforderung an Rechennetze
- Elementtypen und deren Bewertung
- Automatische Gitternetzherzeugung
- Berechnung turbulenter Strömungen
- Überblick über die Berechnungsverfahren
- Prinzip der Wirbelviskosität
- Turbulenzparametermodelle
- Reynoldsspannungsmodelle
- Reaktordesign
- Rührkesselreaktoren
- Mantelgekühlte Rohrbündelreaktoren
- Mikroreaktoren
- Anwendungsbeispiele in Forschung und Industrie (Fachvorträge von Vertretern aus dem Fachbereich und der Industrie)

Dozent: Prof. Dr. Ph. D. Agar, Prof. Dr.-Ing. Ehrhard

Lehrangebot: WS

### **Chlorchemie (1V/1Ü)**

Lehrinhalte:

1. Chlorproduktion
2. Anwendung von Chlor und Chlorverbindungen in der chemischen

- Industrie - Chlorstammbaum / Stofffluss
  - PVC-Produktion
  - chlorierte Lösungsmittel
  - anorganische Synthesen
  - organische Synthesen
- 3. Isocyanat-Produktion durch Phosgenierung
- 4. Propylenoxid-Synthese
- 5. chlorierte Nebenprodukte und Emissionen
- 6. Entsorgung chlorierter Nebenprodukte
  - Rückgewinnung
  - Oxidation
  - Reduktion
  - Hydrolyse
- 7. Chlor-Recycling
- 8. Toxikologie und Ökologie von Chlorverbindungen
- 9. Ersatzmöglichkeiten für Chlor

Dozent: Prof. Dr. Ph. D. Agar

Lehrangebot: Wird im Wintersemester angeboten, Termine nach Vereinbarung.  
Diese Vorlesung ist als Ergänzung zu "Prozesstechnik" gedacht und geht vor allem auf den Produktverbund und Nützlichkeit von Chlor sowie auf technische Besonderheiten und umwelttechnische Aspekte der Chlorchemie ein.

Literatur: Für einen Überblick:  
Folienserie der FCI Nr. 24(1992): 'Die Chemie des Chlors und seiner Verbindungen'  
Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie  
Eine Sammlung der Abbildungen wird ausgegeben.

## **Gaswäschen (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Einsatz von Sauergaswäschen
  2. Reinigung von Erdgas und Syngas
  3. Schwefelproblematik und Schwefelproduktverbund
  4. Lösungsmittelsysteme für Sauergaswäschen
  5. Kontaktapparate und Anlagen für Sauergaswäschen
  6. Gas-Flüssigkeit-Reaktionen
    - Chemie der Absorption
    - Modellierung von Reaktion mit Diffusion
    - Hydrodynamik
    - H<sub>2</sub>S-Selektivität
  7. Messung von Absorptionsparametern
  8. Auslegung technischer Kontaktapparate
  9. ASPEN-Simulation
  10. Betriebsverhalten technischer Kontaktapparate: Schaum, Korrosion, Feststoffbildung
  11. Energieverbrauch von Sauergaswäschen
  12. technische Verfahren zur Aufarbeitung von Sauergasen
  13. Rauchgaswäschen

- Dozent: Prof. Dr. Ph. D. Agar
- Lehrangebot: SS, Termine nach Vereinbarung. Diese Vorlesung ist als Ergänzung zu "Reaktionstechnik" gedacht und geht vor allem auf großtechnische Absorptionsverfahren zur Sauergas (H<sub>2</sub>S und CO<sub>2</sub>)-Entfernung und auf die detaillierte Modellierung komplexer Gas-Flüssigkeit-Reaktionen ein.
- Literatur: G.Astarita, D.W.Savage & A.Bisio 'Gas treating with chemical solvents' Wiley (1982)  
P.V. Danckwerts 'Gas-Liquid Reactions' McGraw-Hill (1970)  
Eine Sammlung der Abbildungen wird ausgegeben.

## **Introduction to Catalysis (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte: Nach einer allgemeinen Behandlung der Prinzipien der Katalyse werden verschiedene wichtige Aspekte anhand konkreter industrieller Verfahren verbildlicht. Im Übungsteil müssen die Studierenden Detailinformationen zu einem weiteren katalytischen Verfahren recherchieren
- Einführung in die Katalyse
  - Ammoniaksynthese – Thermodynamik, Kinetik und Reaktor
  - Dreiwegautoabgaskatalysator – Umweltkatalyse, Katalysatorarchitektur
  - Hydroformylierung – Homogene Katalyse, Selektivitätslenkung und Rückgewinnung
  - Partialoxidation von Propen zur Acrylsäure – exotherme Festbettkatalyse
  - Polymerisation – Einstellung von Produkteigenschaften
  - Glucose-Isomerisierung – Enzymatische Katalyse
  - Fetthydrierung – Suspensionskatalyse in der Lebensmittelindustrie
  - Fluidised-Catalytic-Cracking – Raffinerie-Katalyse mit Zeolithen

- Dozent: Prof. Dr. Ph. D. Agar
- Lehrangebot: SS
- Literatur: Handbook of heterogeneous catalysis', G. Ertl, H. Knörzinger, J. Weitkamp, Bänder 1-5, Wiley-VCH, 1995.  
Homogeneous Catalysis: mechanisms and industrial applications' S. Bhaduri, D. Mukesh, Bänder 1-3, Wiley-VCH, 2000.  
Industrial catalysis: optimising catalysts & processes' R.I. Wijngaarden, K.R. Westerterp, A. Kronberg, Wiley-VCH, 1997

## **Modellgestützte Auslegung chemischer Reaktoren (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte: Modellierungs- und Simulationssoftware wird immer häufiger bei der Planung und Auslegung verfahrenstechnischer Apparate eingesetzt. Die Vorlesung gibt einen Einblick in die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen von Modellierungswerkzeugen in der Reaktionstechnik. Die Verwendung der Modellierungswerkzeuge wird in den Übungen an ausgewählten Beispielen umfangreich dargestellt.
- Für den Besuch der Vorlesung sind keine Softwarekenntnisse notwendig. Gleichwohl bietet sich die Vorlesung als Ergänzung zu Vorlesungen aus dem Vertiefungsgebiet „Modellierung und

Simulation“ an.

1. Modellbildung
  - Identifikation der limitierenden Parameter
  - Herleitung des beschreibenden DGL-Systems
  - Bestimmung der Parameter (Probleme, Anforderungen, Auswirkungen)
2. Überblick zu verwendeten Modellierungsansätzen und Simulationswerkzeugen in der Reaktionstechnik
3. Beschreibung von Verweilzeitverteilungen
  - Verweilzeitmessungen
  - Auswahl des Reaktormodells
  - Auswertung komplexer Modellkombinationen
4. Dynamische Simulation am Beispiel von ‚gPROMS‘
  - Rohrbündelreaktoren
  - Wrong-Way-Verhalten
  - Strömungsumkehrreaktor
  - Autothermer Reaktor
  - Membranreaktor
  - Zyklisches Verhalten
  - Reaktorkühlungskonzepte
  - Adsorptive Reaktoren

Dozent: Dr.-Ing. Grünewald

Lehrangebot: WS

## **Modellgestützte Versuchsauswertung und Parameterschätzung (2Ü)**

Lehrinhalte: Die Auslegung bzw. Charakterisierung komplexer Reaktor- und Apparatekonzepte geschieht in der Regel mit Hilfe eines beschreibenden Modells. Über einen Vergleich zwischen Experimenten und Simulationsrechnungen können dann beschreibende Parameter (z.B. axiale Dispersion oder Stofftransportkoeffizienten) bestimmt werden. Die Vorlesung gibt eine Einführung in diese modellgestützte Methode der Versuchsauswertung und Parameterbestimmung. Im Rahmen der Veranstaltung werden Experimente durchgeführt und anschließend Modelle zur Beschreibung des untersuchten Apparates entwickelt. In Rechnerübungen erfolgt dann eine Auswertung der Versuchsreihen.

Die Vorlesung bietet sich somit gut zur Vorbereitung auf experimentelle Studien- und Diplomarbeiten an.

Für den Besuch der Vorlesung sind keine Softwarekenntnisse notwendig. Die Vorlesung bietet sich gleichwohl als Ergänzung zu Vorlesungen aus dem Vertiefungsgebiet „Modellierung und Simulation“ an.

1. Planung und Durchführung von Versuchen
  - Wirbelschichtapparate

- Reaktive Absorption – Blasensäulen
  - Analytische Versuchsauswertung
2. Modellierung und numerische Versuchsauswertung zur Parameterbestimmung
- Genauigkeit und Messfehler
  - Sensitivität
  - Resultierende Modellanforderungen
  - Modelltiefe
  - Einfluss der Randbedingungen

Dozent: Dr.-Ing. Grünewald  
Lehrangebot: WS

## **Multifunktionale Reaktoren (2V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Konzept und Klassifizierung der Multifunktionalität in chemischen Reaktoren
  2. In-situ-Synergien zwischen Reaktionsführung und Unit-Operations
  3. Darstellung multifunktionaler Reaktionsführungen: Beschreibung, Beispiele, Vorteile, Voraussetzungen
    - reaktive Destillation
    - reaktive Absorption
    - reaktive Extraktion
    - reaktive Kristallisation
    - reaktive Adsorption
    - diffusiver Stofftransport
    - konvektiver Stofftransport
    - Wärmeleitfähigkeit
    - konvektiver Wärmetransport
    - rekuperativer Wärmeaustausch
    - regenerativer Wärmeaustausch
    - homogene Koppelreaktionen
    - heterogene Koppelreaktionen
  4. Einsatzkriterien für multifunktionale Reaktoren
  5. Verwendung multifunktionaler Reaktoren zur Synthese der großen Grund - und Zwischenprodukte der chemischen Industrie
  6. Auslegung und Optimierung multifunktionaler Reaktoren
  7. Entwicklungspotential

Dozent: Prof. Dr. Ph. D. Agar, PD Dr.-Ing. Kenig  
Lehrangebot: Wird im Sommersemester angeboten, Termine nach Vereinbarung. Diese Vorlesung ist als Ergänzung zu "Reaktionstechnik" gedacht und geht vor allem auf konkrete großtechnische Reaktoren und auf die Wechselwirkung zwischen Reaktionsführung und Aufarbeitung sowie auf Probleme der Wärmeab-/einfuhr im Reaktor ein.

Literatur: Für einen Überblick:  
 Chemie-Ingenieur-Technik 60(10):721-741 (1988)  
 Chem. Engng. Sci. 47(9-11):2195-2206 (1992)  
 Eine Sammlung der Abbildungen wird ausgegeben.



## **Polymerreaktionstechnik (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Die Vorlesung ist als Ergänzung zur Hauptvorlesung „Technische Chemie 1 (Reaktionstechnik)“ gedacht und geht vor allem auf komplexe makromolekulare Reaktionssysteme und auf die Wechselwirkungen zwischen Reaktionsführung und Produkteigenschaften sowie auf besondere Probleme der Polymerisation ein.  
Im Einzelnen werden folgende Punkte angesprochen:

### Teil 1 „Polymerreaktionen“:

- Einführung in die Reaktionstechnik der Polymersynthese
- Bedeutung und Besonderheiten der Polymerproduktion
- Aufbau und Struktur von Makromolekülen
- Struktur und Eigenschaften wichtiger Polymere
- Art und Kinetik der Polymersynthesereaktionen
- Modellierung von Polymer-Reaktoren
- Reaktionsführung und Reaktoren für die Polymerisation
- Auslegung und Betrieb von Polymerisationsreaktoren

### Teil 2 „Polymerisationsprozesse“:

- Detaillierte Diskussion und Modellierung von Polymerprozessen
- Experimentelle Durchführung einer Polymerisation
- Übungen zur Auswertung der Experimente
- Steuerung und Regelung von Polymerisationsprozessen
- Berechnung eines Polymerisationsablaufs für verschiedene Kinetiken und Reaktionsführungen

Dozent: Dr.-Ing. Grünewald

Lehrangebot: Teil 1 im SS

(Die beiden Vorlesung bauen nur geringfügig aufeinander auf. Teil 1 ist somit keine Voraussetzung für Teil 2)

## ***Vertiefungspraktika***

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

## **Lehrstuhl Technische Mikrobiologie**

### ***Vertiefungsvorlesungen und -übungen***

Der Lehrstuhl bietet zurzeit keine Vertiefungsveranstaltungen an.

### ***Vertiefungspraktika***

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

# Lehrstuhl Thermodynamik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Dezentrale Energieversorgung aus Biomasse und anderen Quellen (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Primär- und Endenergieverbrauch
    - Statistische Grundlagen
    - Energiewandlungstechniken im Vergleich
    - Definitionen
  2. Grundlagen
    - Mensch, Behaglichkeit
    - Energiebedarf, Heizung, Warmwasser, Strom
    - Betriebswirtschaftliche Grundlagen
  3. Biomasse, Biogas, fossile Brennstoffe und Verbrennungsschadstoffe
    - Zusammensetzung der Brennstoffe
    - Erzeugung von Biogas
    - Biomassewandlung, GTL
    - Entstehung der Schadstoffe
  4. Schadstoffreduzierende Maßnahmen
    - Gas und Ölbrenner
    - Verbrennung in Gas- und Dieselmotoren
    - Abgasnachbehandlung
  5. Energieumsetzung
    - Heizkessel (Gas, Öl, Holz)
    - Wärmepumpen (Sorptions, Kompression, reg. Gaskreisprozesse)
    - Konventionelle Kraftwärmekopplung
    - Brennstoffzellen
    - Dampfmaschinen, Organic Rankine Cycle
    - Virtuelles Kraftwerk
    - Wasserstoffwirtschaft
    - Windenergie, Solar-, Geothermie, Photovoltaik
  6. Energieeinsparung
    - Wärmedämmung
    - Solarkollektoren, TWD
    - Lüftung mit Wärmerückgewinnung
    - Niedrigenergie- und Passivhäuser
    - Anwendung von Anlagentechniken
  7. Ganzheitliche Bilanzierung
  8. Ausgeführte Beispiele

Dozent: Dr.-Ing. Heikrodt

Lehrangebot: SS

Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

## Messung und Berechnung thermodynamischer Stoffeigenschaften (1V/1Ü)

- Lehrinhalte:
1. Einführung
    - Bedeutung von Stoffdaten, Tabellenwerke, thermodynamische Grundlagen, Zustandsgleichungen, Fundamentalgleichungen
  2. p,V,T-Daten
    - Grundlagen (Thermisches Zustandsverhalten)
    - Thermische Zustandsgleichungen
    - Kritische Daten
    - Berechnung des zweiten Virialkoeffizienten
    - Stoffdaten aus Zustandsgleichungen
    - Dichte von Flüssigkeiten
    - Normalsiedetemperatur
    - Verwendung von Diagrammen
    - Messmethoden
  3. Kalorische Daten
    - Berechnungsansätze für Wärmekapazitäten
    - Messverfahren (Kalorimetrie)
    - Berechnung von g, h und s für ideale Gase
  4. Dampfdruck und Verdampfungsenthalpie
    - Dampfdruckgleichungen
    - Verdampfungsenthalpie
    - Messverfahren

Dozent: Dr.-Ing. Kühl

Lehrangebot: WS

Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

## Polymethermodynamik (1V/1Ü)

- Lehrinhalte:
1. Thermodynamische Grundlagen
    - Mischphasenthermodynamik
    - Flüssig-Flüssig Gleichgewichte
    - Flüssig-Dampf Gleichgewichte
  2. Charakterisierung von Polymeren
    - Molmassenverteilung von Polymeren
  3. Phasendiagramme in Polymersystemen
    - Flüssig-Flüssig Gleichgewichte
    - Flüssig-Dampf Gleichgewichte
    - Einfluss der Polymer-Polydispersität
  4. Berechnung von Phasengleichgewichten in Vielstoffsystemen
    - Partielle molare Größen in Vielstoffsystemen
    - Berechnung der Polymer-Löslichkeit
    - Berechnung des Dampfdruckes von Polymerlösungen
    - Flash-Berechnungen
  5. Thermodynamische Modelle für Polymere
    - $g^E$ -Modelle (Flory-Huggins Modell und Erweiterungen)
    - Zustandsgleichungen (kubische Gleichungen, Störungstheorien)

Dozent: Dr.-Ing. Tumakaka  
Lehrangebot: WS  
Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

## **Rationelle Energieverwendung in der Verfahrenstechnik (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Thermodynamische Bewertung von Energie, Exergie und Anergie
    - Exergie von Wärmeströmen und reinen Stoffströmen (Grundlagenwiederholung)
    - Exergie durch stoffliches Ungleichgewicht, Verbrennungsprozesse
    - Exergieverlust
    - Sankey-Diagramme
    - Grenzen und Nachteile des Exergiebegriffs
  2. Grundlagen der Energiebereitstellung und -rückgewinnung
    - Versorgungssysteme
    - Abhitzeessel und -kraftwerke
    - Wärme-Kraft-Kopplung
    - Luft- und Speisewasservorwärmung
    - Wärmepumpen, Brüdenkompression
    - Der Wärmetransformator
  3. Systematische Verfahrensintegration (Pinch-Methode)
    - Stromsummenkurven und der Begriff "Pinch"
    - Grundregeln für die bestmögliche Energieausnutzung
    - Reduktion der Apparatezahl, "Energy penalty"
    - Optimale Nutzung verschiedener Versorgungssysteme
    - Einbindung von Wärmekraftanlagen und Wärmepumpen
    - Nachteile und Grenzen der Pinch-Methode

Dozent: Dr.- Ing. Kühl  
Lehrangebot: WS  
Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

## **Regenerative Gaskreisprozesse (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Thermodynamische Kreisprozesse im Überblick, Sonderstellung der regenerativen Prozesse
  2. Bedeutung und prinzipielle Funktion des Regenerators
  3. Geschichtlicher Überblick
  4. Prinzip der thermischen und mechanischen (volumetrischen) Kompression, Entstehung der bekannten Prozesse durch Kombination dieser Elemente
  5. Berechnung des idealen Stirling-Prozesses, Einfluss des Regeneratorwirkungsgrades
  6. Annäherung durch sinusförmige Hubfunktionen,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Bauweise, Einfluss des Phasenwinkels
  7. Berechnung nach Schmidt in allgemeiner Form, Bedeutung des Totvolumens
  8. Beale-Zahl und Schmidt-Zahl
  9. Ausgeführte Maschinen, konstruktive Aspekte
  10. Vuilleumier-Prozess und andere Prozesse, Darstellung im komplexen

- Zeigerdiagramm
11. adiabatischer Verlust, Regenerator-, Kolbenspalt-, Wärmeübertragungs- und Strömungsdruckverluste und ihre Berücksichtigung im Rahmen vereinfachter Berechnungsmodelle
  12. Freikolbenmaschinen

Dozent: Dr.-Ing. Kühl  
Lehrangebot: SS  
Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

## **Biothermodynamik (2V)**

- Lehrinhalte:
1. Phasengleichgewichte
  2. Kolligative Eigenschaften (z. B. osmotischer Druck)
  3. Reaktionsgleichgewichte
  4. Säuren und Basen, pH-Wert, pKa-Werte
  5. Puffersysteme
  6. Elektromotorische Kraft
  7. Biochemische Reaktionen
  8. Nicht-ideale Elektrolytlösungen

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Sadowski  
Lehrangebot: SS  
Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

## **Einführung in die Kristallisation (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Einleitung
  2. Kristallisationsgleichgewicht
    - Löslichkeit, Phasendiagramme
    - Experimente zur Bestimmung von Löslichkeiten
    - Modellierung
  3. Kristallisationskinetik
    - Metastabiler Bereich
    - Keimbildung
    - Wachstum
    - Agglomeration
    - Experimente zur Bestimmung von kinetischen Parametern
  4. Morphologie / Kristallhabitus
  5. Polymorphie
    - Grundlagen
    - Kinetische Aspekte
    - Charakterisierung
    - Pseudopolymorphie
  6. Partikelgrößenverteilung und Populationsbilanz
  7. Kristallisationsverfahren

Dozent: Dr.-Ing. Tumakaka  
Lehrangebot: SS  
Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

## **Thermodynamics of Adsorption Phenomena (im Rahmen der Summer School) (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Das Modul führt in die Grundlagen und die Anwendung von Adsorptionstechnologien ein. Die Vorlesung im Element 1 behandelt die thermodynamischen Grundlagen, die entsprechenden Berechnungsmethoden und -modelle sowie eine Einführung in unterschiedliche Arten von Adsorbentien. Die Vorlesung im Element 2 befasst sich mit der Gestaltung und Auslegung von großtechnischen Adsorptionsprozessen und stellt Beispiele für ausgeführte Anlagen vor.

Dozent: Dr.-Ing. Ulbig

Lehrangebot: SS

Literatur: Literaturliste wird in Vorlesung verteilt

### ***Vertiefungspraktika***

Vertiefungspraktika auf dem Gebiet der Thermodynamik werden sowohl während des SS als auch des WS angeboten. Ansprechpartnerin ist Frau Prof. Dr. Sadowski.

# Lehrstuhl Thermische Verfahrenstechnik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Adsorptionstechnik (2V)**

Lehrinhalte: Inhalt:

1. Einleitung
2. Technische Adsorbentien
3. Thermodynamik und Kinetik der Adsorption
4. Modellierung von Adsorptionsprozessen
5. Technische Desorption
6. Industrielle Gasphasen-Adsorptions-Prozesse
7. Industrielle Flüssigphasen-Adsorptions-Prozesse

Zusammenfassung:

Nach einer kurzen Einleitung werden zunächst die technisch relevanten Adsorbentien, d.h. Aktivkohlen, Zeolithe und Polymere vorgestellt. Auf eine kurze Diskussion der Thermodynamik und Kinetik folgt die beispielhafte Erstellung eines vollständigen mathematisch-physikalischen Modells der Adsorption.

Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich anschließend mit industriellen Anwendungen der Adsorptionstechnik. Diskutiert werden u.a. die Gewinnung von Sauerstoff und Stickstoff aus Luft, die Lösungsmittelrückgewinnung aus VOC-haltiger Abluft, die Entfernung von Dioxinen, Furanen und Quecksilber aus Verbrennungsluft (Gasphase) sowie die Reinigung von Trink- bzw. Abwasser, die Entbitterung von Fruchtsäften und die Trocknung von Flüssiggas (Flüssigphase).

Dozent: PD Dr.-Ing. Bathen, Degussa AG

Lehrangebot: WS (Blockveranstaltung)

Literatur: Skript:

Ein Ausdruck der Folien wird zur Verfügung gestellt. Das Buch, das die Basis der Vorlesung bildet (s.u.) ist in der Lehrbuchsammlung der Universitätsbibliothek vorhanden.

Empfohlene Literatur:

1. D. Bathen, M. Breitbach, Adsorptionstechnik, Springer-Verlag, Berlin, 2001
2. B. Crittenden, W.J. Thomas, Adsorption Technology & Design, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1998
3. W. Kast, Adsorption aus der Gasphase, VCH-Verlag, Weinheim, 1988
4. D.M. Ruthven, Principles of Adsorption & Adsorption Processes, John Wiley & Sons, New York, 1984
5. R.T. Yang, Gas Separation by Adsorption Processes, Butterworth, Stoneham



## Dimensionierung thermischer Trennapparate (1V/2Ü)

Lehrinhalte: Ein wichtiger Aspekt im Aufgabenspektrum eines Chemieingenieurs ist die Dimensionierung von Apparaten für thermische Trennverfahren. In diesen Trennverfahren finden Stoff- und Wärmeaustausch zwischen mindestens zwei unterschiedlichen Phasen statt, daher sind die in den Trennapparaten ablaufenden Vorgänge vielfältig und miteinander gekoppelt. Die hohen Anforderungen an die Effektivität verlangen aufwendige Apparateeinbauten und führen zu komplexen Kolonnengeometrien und Strömungsbildern. Aus diesem Grunde muss ein Verfahreningenieur sowohl gute Kenntnisse der Grundlagen als auch technische Informationen und Erfahrungen besitzen und bei konkreten Aufgaben anwenden können.

In der Vertiefungsvorlesung sollen konventionelle Methoden zur Dimensionierung von Apparaten und moderne Tools zur Berechnung von Trennverfahren vorgestellt werden. Ziel der Vorlesung ist, dieses Fachwissen detailliert und konsistent darzustellen und sowohl durch traditionelle als auch rechnergestützte Übungen zu verdeutlichen.

1. Einführung
  - Zustand und Prozess
  - Ziele der Dimensionierung
2. Beschreibung der Gleichgewichte
  - Klassische und irreversible Thermodynamik
  - Thermodynamische Begriffe und Beziehungen
  - Gleichgewichte Dampf-Flüssig, Gas-Flüssig, Flüssig-Flüssig
3. Bilanzierung
  - Erhaltungsgesetze
  - Differentielle Bilanzierung und die Phasengrenze
  - Absorption und Desorption: Arbeitslinien Gleich- und Gegenstrom
  - Destillation und Rektifikation: Arbeitslinien
  - Extraktion
4. Theoretische Trennstufe
  - Begriff der theoretischen Trennstufe
  - Absorption
  - Rektifikation
  - Anwendung der theoretischen Trennstufe
5. Übergangseinheit
  - Diffusion als Transportmechanismus
  - 2-Film-Theorie
  - Stoffaustauschkoeffizient
  - Addition der Phasenwiderstände
  - Kolonnenhöhe und Übergangseinheit
6. Dimensionsanalyse
  - Begriffe und Kennzahlen
  - Pi-Theorem
  - Anwendungen
7. Auslegung von Bodenkolonnen
8. Auslegung von Packungskolonnen
9. Auslegung von Extraktionskolonnen

Im Anschluss an die Vorlesungen sind Übungen (einschl. am Rechner) vorgesehen.

Dozent: Dr.-Ing. Kreis  
Lehrangebot: SS, Blockveranstaltung  
Literatur: K. Sattler, „Thermische Trennverfahren: Grundlagen, Auslegung, Apparate“, Wiley-VCH.  
Eine Sammlung der Abbildungen wird ausgegeben.

## **Modelling of Multicomponent Separation Processes (2V/1Ü)**

Lehrinhalte: Numerous industrial separation processes take place in multiphase, multicomponent fluid mixtures (distillation, absorption, extraction, liquid membranes, etc.). To develop exact and predictive process models, it is necessary to directly account for the kinetic phenomena. Such methods are based on the application of the Stefan-Maxwell equations. Different modelling approaches can be chosen, depending on the complexity of hydrodynamic pattern of the process. In the lecture, these approaches are discussed in detail and illustrated with relevant examples.

1. Introduction
  - Multicomponent mixtures
  - Interactions in separation processes
  - Aims of modelling
2. Model of a separation process as a complex system
  - „Modelling loop“
  - Sub-models
3. Mass transfer description in multicomponent mixtures
  - Special features of multicomponent diffusion
  - Stefan-Maxwell equations
  - The generalised Fick's law
  - Equations in matrix form
4. Hydrodynamics of separation processes and model simplifications
  - Film-like flow
  - Two-film model for multicomponent mixtures
  - Hydrodynamic analogies
5. Phase interface
  - Special aspects related to multicomponent systems
  - Thermodynamic description of interfaces
6. Reaction and mass transfer in multicomponent systems
  - Reactive separations
  - Coupling of reaction and mass transfer
  - Model equations
7. Solution methods
  - Linearisation
  - Numerical methods
  - Hybrid methods
8. Simulation examples for various separation processes

Subsequent to the lectures, computer-aided exercises with an available

simulation tool are suggested. The simulations cover both non-reactive and reactive separation processes.

Dozent: PD Dr.-Ing. Kenig  
Lehrangebot: SS, semesterbegleitende Veranstaltung (Spring Term)  
Literatur: J. A. Wesselingh and R. Krishna, „Mass Transfer in Multicomponent Mixtures“, Delft University Press, Delft, 2000  
A collection of the slides used will be provided

## **Reaktive Trennverfahren (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Reaktive Trennverfahren (RT) kombinieren die Verfahrensschritte Reaktion und Trennung in einem Apparat und erlauben somit, komplexe Produktionswege zu vereinfachen und folglich Investitions- und Betriebskosten einzusparen. Insbesondere aufgrund der vielseitigen Kopplungen und eingeschränkteren Betriebsfenstern in diesen Prozessen ist es notwendig, geeignete Modellierungsansätze für deren Verständnis zu entwickeln.  
Die Vorlesung vermittelt aktuelle Kenntnisse aus dem Gebiet der RT. Zunächst werden theoretische Grundlagen behandelt. Darauf aufbauend wird die Entwicklung verschiedener Modellierungsansätze vorgestellt. Schließlich werden ausgewählte RT hinsichtlich ihrer Modellierung in der Praxis besprochen.  
Im Rahmen einer Rechnerübung wird die Modellierung und Simulation von RT anhand typischer Beispiele praktisch durchgeführt.

1. Einführung
  - Motivation
  - Beispiele für RT und Kolonneneinbauten
2. Grundlagen
  - Gleichgewichte
  - Transportprozesse und Reaktionen
  - Thermodynamisch-topologische Analyse
3. Modellierung
  - Überblick und Analyse der Verfahren
  - Einordnung der Modellierungstiefe
4. Rate-based Ansatz
  - Das erweiterte Zwei-Film Modell
  - Prozessparameter
5. Anwendungsbeispiele
  - Reaktivdestillation
  - Reaktivabsorption
  - reaktives Strippen
  - Reaktivextraktion
6. Rechnergestützte Übung
  - Modellierung und Simulation von Reaktivrektifikation und Reaktiveabsorption

Dozent: PD Dr.-Ing. Kenig  
Lehrangebot: WS, Blockveranstaltung

Literatur: Kenig, E.Y., Górak, A. & Bart, H.-J., *Reactive separations in fluid systems*  
In: *Re-engineering the chemical processing plant* (Eds. Stankiewicz, A. & Moulijn, J.), New York: Marcel Dekker, Inc., 2003  
Die Vorlesungsfolien werden begleitend als Kopie ausgegeben

## **Verfahrenstechnische Berechnung von Stoffaustauschern und Reaktoren (2V/2Ü)**

Lehrinhalte: Thermische Trennverfahren wie die Rektifikation, Ab- und Desorption sowie die Extraktion werden besonders häufig in Packungskolonnen, aber z.T. auch in Bodenkolonnen durchgeführt. Die Packung bzw. die Böden dienen dabei zur Schaffung geeigneter Austauschflächen für den Stoff- und Wärmeaustausch zwischen den einzelnen Phasen. Dabei werden als Packung sowohl regellose Füllkörperschüttungen als auch strukturierte Packungen verwendet. Daneben findet eine Vielzahl von Bodentypen Anwendung. Darüber hinaus müssen aufgrund hoher Anforderungen hinsichtlich Effektivität und Wirtschaftlichkeit thermischer Trennapparate nicht nur die trennwirksamen Einbauten selbst, sondern auch zusätzliche Einbauten wie Gas- bzw. Flüssigkeitsverteiler sowie Tropfenabscheider hohe Leistungen erzielen.

In der Vertiefungsvorlesung sollen die Grundlagen einer Kolonnenauslegung hinsichtlich Fluidodynamik und Stoffaustausch für verschiedene Stoffaustauschapparate vorgestellt und anhand von Übungsaufgaben vertieft werden. Die Vorlesung vermittelt einen vertieften und realitätsnahen Einblick in die Methoden der Kolonnenauslegung für die Absorption, Desorption, Rektifikation und Flüssig/Flüssig-Extraktion wie sie in der industriellen Praxis durchgeführt wird.

1. Gas/Flüssigkeitssysteme (Rektifikation, Absorption, Gaskühlung, Gasbefeuchtung)
  - Füllkörper- und Packungskolonnen
    - Aufbau von Rektifizier- und Absorptionskolonnen
    - Füllkörper- und Packungstypen
    - Fluidodynamik von Füllkörper- und Packungskolonnen
    - Stoffaustausch in Füllkörper- und Packungskolonnen
  - Bodenkolonnen
    - Aufbau von Rektifizier- und Absorptionskolonnen
    - Bodentypen: Ventilböden, Siebböden, Glockenböden, Tunnelböden
    - Fluidodynamik von Bodenkolonnen
    - Stoffaustausch in Bodenkolonnen
2. Flüssig/Flüssig-Systeme (Extraktion )
  - Füllkörper- und Packungskolonnen
    - Aufbau von Füllkörper- und Packungskolonnen ohne Energieeintrag
    - Zubehör: Tragroste, Flüssigkeitsverteiler
    - Füllkörper- und Packungstypen
    - Fluidodynamik von Füllkörper- und Packungskolonnen bei der

- Extraktion
  - Stoffaustausch in Füllkörper- und Packungskolonnen
  - Vermischung der dispersen und der kontinuierlichen Phase in Füllkörperkolonnen

Dozent: Dr.-Ing. habil. Maćkowiak

Lehrangebot: WS, Blockveranstaltung

Literatur: J. Maćkowiak, Fluidodynamik von Füllkörpern und Packungen, 2. Auflage, Springer Verlag.  
R. Billet, Packed Towers, Chemie Verlag

### ***Vertiefungspraktika***

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.

# Lehrstuhl Umwelttechnik

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Einsatzmöglichkeiten von Solarenergie in der chemischen Technik (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Übersicht über "regenerative" Energien
  2. Grundlagen der Solarstrahlung
  3. Thermodynamik der Strahlung
  4. Solarthermische Anlagen in der Übersicht
  5. Receivertechnologien
  6. Wirkungsgrad der Umwandlung von Strahlung
  7. Solare Detoxifizierung
  8. Wärmetransport unter Berücksichtigung von Strahlung
  9. Forschungs- und Anwendungsgebiete der Solarthermie

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Fahlenkamp und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS

Literatur: Wird in der Veranstaltung verteilt

### **Municipal Waste Water, and Sewage Sludge Treatment (2V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Tasks of the Municipal Water Utilities Regarding Water Protection
  2. Composition of Waste water
  3. Basics of the Water, and Waste Related Legal Structure
  4. Basics of the Lay out of Mechanical-Biological Waste Water Treatment Plants
  5. Mechanical Waste Water Treatment
  6. Basics of the Biological Treatment Methods
  7. Biological Waste Water Treatment
  8. Sewage Sludge Treatment and Land Filling

Dozent Prof. Dr. Stachowske

Lehrangebot: WS

Literatur: Lecture Papers; Gesetze: Wasserhaushaltsgesetz (WHG); Abwasserabgabengesetz (AbwAG); Rahmen-AbwasserVwV), Landeswassergesetz (für NRW); DIN-Normen: DIN 1999, DIN 4040, DIN 4261, DIN 19 525, DIN 19 551 (Hg: Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: Beuth-Verlag).

### **Seminar Umwelttechnik (2S)**

Lehrinhalte: Nach Vereinbarung ausgewählte Probleme der Umwelttechnik

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Fahlenkamp und wiss. Mitarbeiter, sowie alle Diplom- und Studienarbeiter des Lehrstuhls

Lehrangebot: SS/WS

## **Umwelttechnische Praxis (4V)**

- Lehrinhalte:
- Anwendung des in der Vorlesung Umweltverfahrenstechnik erworbenen Wissens auf die Praxis in Form eines zweiwöchigen Blockpraktikums in den Semesterferien in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
  - Mindestteilnehmerzahl: 4
  - Aufgabenstellung: Erteilung durch eine Firma
  - Erarbeitung: im Austausch mit der Firma und Fraunhofer UMSICHT
  - Präsentation der Ergebnisse am letzten Tag der Übung in der Firma
  - Ziel:
    - Erlernen praxisrelevanter Arbeitsmethoden (z.B. Projektmanagement)
    - Kontakt der Studierenden zu der auftraggebenden Firma

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Fahlenkamp und wiss. Mitarbeiter

Lehrangebot: SS/WS

## **Umweltverfahrenstechnik I (2V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Definitionen
    - Abgrenzung Umwelttechnik-Verfahrenstechnik umwelttechnische Anforderungen als politische Vorgabe; Gesetze; Verordnungen; technische Anleitungen; Grenzwerte
  2. Produkt- und produktionsintegrierter Umweltschutz;
    - Abgrenzung von Primär- und Sekundärmaßnahmen
  3. Auslegung und Bau von Filterstufen für die Gasreinigung
    - Abscheidung von festen Schadstoffen (Massenkraftabscheider; Filter; Nassabscheider)
  4. Abscheidung von gasförmigen Schadstoffen
    - Rauchgasentschwefelung; NO<sub>x</sub>; physikalisch-chemische Reinigungsverfahren
  5. Feuerungen für feste Brennstoffe
    - Rostfeuerung; stationäre und zirkulierende Wirbelschicht; Schmelzkammer- und Trockenfeuerung
  6. Altlastensanierung
    - Problematik; Stoffe; Techniken; Dekontaminationsverfahren; Sicherungsverfahren
  7. Arbeitsweisen der Auslegung
    - Computational Fluid Dynamics (CFD) Maßnahmen zur NO/NO<sub>x</sub>-Minderung; Selective (SCR) und Non-Selective Catalytic Reduction (SNCR); high-, low-dust- und Reingasschaltung; organische Belastungen; Dioxine
  8. Abwasserreinigung
    - mechanische und biologische Abwasserreinigung
  9. Lärm
    - Schall; menschliches Hörvermögen; aktiver, passiver und regulatorischer Schallschutz

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Fahlenkamp und wiss. Mitarbeiter  
Lehrangebot: WS  
Literatur Skript

## **Umweltverfahrenstechnik II (2V/1Ü)**

- Lehrinhalte:
1. Umweltrecht
    - Zuständigkeiten; Immissionsschutz; Umweltverträglichkeitsprüfung; Abfallgesetzgebung; Wasser- und Bodenschutz; Stand der Technik; Regelwerke; Verfahrensschemata
  2. Emissionsüberwachung und Immissionsüberwachung
    - Stand bis heute
  3. Anlagenkonzepte Verbrennungsprozesse
    - technische und historische Entwicklung von MVA; Bilanzbetrachtungen am Beispiel des Kraftwerkprozesses
  4. Abfallbehandlung Sekundärrohstoffe
    - Abfall im Wandel der Zeit; Abfallmengen und -zusammensetzungen heute; Differenzierung -Verwertung - Beseitigung; Sekundärrohstoffe
  5. Anlagenkonzepte Abfall
    - Thermische Verwertung und Beseitigung, Deponierung; Biologische Abfallbehandlung
  6. Anlagenkonzepte Abwasser
    - Abwasser- und Klärschlammbehandlung; Beschaffenheit des Abwassers; Gemeinschaftsklärwerke; Auswirkungen der 5. Novelle des WHG; ausgewählte Beispiele
  7. Grundlagen und Entwicklungslinien PIUS
    - Prozessintegrierter Umweltschutz; Produktintegrierter Umweltschutz; Instrumente einer ökologieorientierten Unternehmensführung; Ökobilanz; Umweltmanagementsysteme; Anwendungsbeispiele PIUS
  8. Schwachstellen im Anlagenbau / Effekte 2. Ordnung
    - Gummierungsschäden bei REAs, Hochtemperaturchloridkorrosion; Oxidationswirkung von SCR-Katalysatoren; Regavos, SO<sub>3</sub> als Unterstützung bei der E-Filter-Staubabscheidung; Matrixverfahren zur Risikoquantifizierung; PAAG - Verfahren zur Risiko-Quantifizierung
  9. Umwelttechnik in Metastrukturen
    - (Chancen; Schwachstellen und Denkanstöße)
  10. CO<sub>2</sub>-Thematisierung und Klimaschutz
    - natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt; Auswirkungen auf das Klima; Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasen; CO<sub>2</sub>-Ent(d)sorgung; Photosmog
  11. Energie- und Umwelttechnik
    - konventionelle Kraftwerkskonzepte; Kombikraftwerke; Biomassenutzung; Kraft-Wärme-Kopplung; Brennstoffzellen-(BZ)-Kraftwerke; Kraft-Wärme-Kopplung mit BZ-Heizgeräten; Emissions- und Wirtschaftlichkeitsvergleich



Dozent: Prof. Dr.-Ing. Fahlenkamp und wiss. Mitarbeiter  
Lehrangebot: SS  
Literatur Skript

### ***Vertiefungspraktika***

Aktuelle Vertiefungspraktika werden per Aushang bekannt gegeben.

# Lehrstuhl Biomaterialien (vormals Werkstoffkunde und Korrosion)

## *Vertiefungsvorlesungen und -übungen*

### **Polymere (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Zusammenhänge zwischen dem Aufbau polymerer Werkstoffe und den daraus resultierenden Eigenschaften bilden einen Schwerpunkt dieser Vorlesung. Ausgehend von dem Aufbau der Makromoleküle werden Themen wie Kristallisation bzw. Verformung polymerer Werkstoffe ausführlich besprochen. Darauf aufbauend werden Auswahlkriterien und der Einsatz polymerer Werkstoffe in der Chemietechnik (z.B. Dichtungen, Behälter) diskutiert.

- Aufbau der Einzelkette (Makromolekül)
- Aufbau, Mikrostruktur und Morphologie der Kunststoffe
- amorphe Kunststoffe (Gläser, Gummi, Schmelze)
- flüssigkristalline Kunststoffe
- teilkristalline Kunststoffe
- Kristallisation / Schmelzen von Polymeren
- Aufbau realer Kunststoffe (Additive: z.B. Weichmacher, Füllstoffe, etc.)
- Mechanische Eigenschaften von Polymeren
- Anwendung polymerer Werkstoffe

Dozent: Dr. Katzenberg / Prof. Dr. rer. nat. Köster

Lehrangebot: SS

Literatur:  
- H.G. Elias: Makromoleküle, Hüthig & Wepf Verlag, Basel  
- G. Menges: Werkstoffkunde der Kunststoffe, Hanser Verlag

### **Anwendung und Technologie polymerer Werkstoffe (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Aufbauend auf der Vorlesung „Polymere“ werden in dieser Vertiefungsveranstaltung technologisch interessante Eigenschaften polymerer Werkstoffe detailliert dargestellt. Der Einsatz von Kunststoffen etwa als Verpackungsmaterial, als Isolatormaterial, die Möglichkeit des „Leichtbaus“ mit Hilfe von polymeren Verbundwerkstoffen und der Einsatz von Additiven zur Steigerung der Performance von „herkömmlichen“ Massenthermoplasten stellen nur einen Teil der zu besprechenden Themengebiete dar. Zudem werden die Besonderheiten bei der Verarbeitung unterschiedlicher Kunststoffklassen und das Recycling von Kunststoffprodukten besprochen:

- Mechanische und bruchmechanische Eigenschaften
- Elektrische und dielektrische Eigenschaften
- Chemische Eigenschaften (Alterung, Quellung, Permeation, Zersetzung)
- Biopolymere

- Eigenschaften und Anwendung faserverstärkter Kunststoffe
- Verarbeitungsverfahren, Bauteilherstellung
- Recycling

Dozent: Dr. Katzenberg

Lehrangebot: WS

Literatur:  
 - G. Menges: Werkstoffkunde der Kunststoffe, Hanser Verlag  
 - R. J. Crawford: Plastics Engineering, Pergamon Press

## **Biomaterialien (2V)**

Lehrinhalte: Die Natur ist in der Lage, Materialien (z.B. Knochen, Muscheln oder Spinnweben) mit einzigartigen Eigenschaften zu erzeugen. Intensive Untersuchungen an diesen biologischen Materialien und die Übertragung der Bauprinzipien der Natur auf die Materialsynthese im Labor haben auch zu erheblichen Fortschritten in der Entwicklung biokompatibler Werkstoffe in der Medizintechnik geführt. Die Werkstoffauswahl zwischen metallischen, polymeren und keramischen Werkstoffen hängt dabei von der Art und der Funktion des zu ersetzenden Organs ab. Der betreffende Werkstoff und das daraus gefertigte Bauteil müssen sich mit Zellen und Geweben des menschlichen Körpers auf Dauer problemlos vertragen, also nachweisbar biokompatibel sein.

1. Biopolymere
  - Terpene, Polysaccharide, Nucleinsäuren, Polypeptide
2. Biomineralisation
  - Muscheln, Schalen, Zähne, Knochen, Skelette
  - Mechanismen der Mineralisation: Keimbildung, Kristallwachstum
  - Pathologische Mineralisation: Verkalkung in Arterien, Steinbildung
3. Biomimetische Materialsynthese
4. Werkstoffe in der Medizintechnik
  - Biokompatibilität, Biofunktionalität, Bioaktivität, Korrosion
  - Metalle, Keramiken und Polymere in der Medizintechnik
5. Fallstudien u.a.: künstliches Hüftgelenk, Kanülen, Blutbeutel, Biochip

Dozent: Dr.-Ing. Zander

Lehrangebot: SS

Literatur:  
 M. Epple, Biomaterialien und Biomineralisation, Teubner 2003  
 S. Mann, Biomineralization, Oxford University Press 2001  
 E. Wintermantel, S.-W. Ha, Biokompatible Werkstoffe und Bauweisen, Springer 1998

## **Korrosion (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: In den letzten Jahren gewann die Thematik der Korrosion und des Korrosionsschutzes mehr und mehr an wirtschaftlicher Bedeutung. Dabei sind es nicht nur die durch Korrosion verursachten Schäden und die zur Vermeidung von Schäden notwendigen Aufwendungen, sondern in zunehmendem Maße auch die sekundären Verluste, z.B. die durch Korrosionsschäden verursachten Ausfallzeiten, die zunehmend ins Blickfeld industrieller Anwender rücken.

Die Vielfalt der Korrosionsarten, die an Werkstoffen auftreten können, haben vielfältige Korrosionserscheinungen zur Folge. Hieraus resultieren wiederum sehr unterschiedliche Schadensformen mit durchaus unterschiedlichem Gefährdungspotential sowie unterschiedliche Maßnahmen des Korrosionsschutzes, die im Rahmen dieser Vertiefungsvorlesung eingehend erläutert und diskutiert werden sollen.

1. Allgemeine Einführung
2. Korrosion von Metallen
  - Elektrochemische Korrosion in wässrigen Lösungen ohne gleichzeitige mechanische Beanspruchung
  - Elektrochemische Korrosion bei gleichzeitiger Einwirkung mechanischer Beanspruchung
  - Korrosion durch metallphysikalische Reaktionen
  - Hochtemperaturkorrosion von Metallen durch Reaktion mit Gasen
3. Korrosion verschiedener Werkstoffe
  - Korrosion von Eisen und Stahl
  - Titan und Titanlegierungen
  - Kupfer und Kupferlegierungen
  - Aluminium und Aluminiumlegierungen
  - Edelmetall-Dentallegierungen
4. Aktive und passive Maßnahmen des Korrosionsschutzes
5. Korrosionsprüfung, Schadensanalyse und Korrosionsmonitoring

Dozent: Dr.-Ing. Zander  
Lehrangebot: WS  
Literatur: Vorlesungsskript  
K.-H. Tostmann, Korrosion - Ursachen und Vermeidung

## **Werkstoffauswahl in der Chemietechnik (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Die Vermeidung von Werkstoffversagen besitzt in der chemischen Industrie höchsten Stellenwert, da Schäden in einer Anlage und Ausfallzeiten zu erheblichen Sicherheitsrisiken und zusätzlichen Kosten führen. Eine geeignete Werkstoffauswahl unter Berücksichtigung des Anforderungsprofils und der Werkstoffeigenschaften ist daher von größter Bedeutung.

- Wechselwirkung: Werkstoff/Medium bei elektrolytischer bzw. bei Hochtemperatur-Korrosion
- Warmfestigkeit: Gefügestabilität und Verformungsmechanismen
- Hochkorrosionsbeständige Werkstoffe für den Einsatz unter elektrolytischer Korrosion: Sonderstähle, Ni-Basis-Legierungen, Titan, Zirkonium, Tantal, Molybdän
- Hochtemperaturwerkstoffe:
  - Werkstoffe für den Einsatz bei Hochtemperatur- und Heißgaskorrosion
  - Hochwarmfeste Werkstoffe: Ni-Basis-Legierungen, hochwarmfeste Stähle
- Nichtmetallische Werkstoffe der Chemie- und Energietechnik
- Ausgewählte Beispiele für Anwendungen von Sonderstählen und Nickel-Werkstoffen in Chemieanlagen: Werkstoffprobleme bei der

## Rauchgasreinigung fossilbefuerter Kraftwerke und der Endlagerung radioaktiver Abfälle

Dozent: Dr. Alves (Lehrbeauftragte, ThyssenKrupp VDM GmbH, Altena)  
Lehrangebot: SS  
Literatur: (Vorlesungsskript)  
U. Heubner et al., Nickelwerkstoffe und hochlegierte Sonderedelstähle – Eigenschaften, Verarbeitung, Anwendungen, (ISBN 3-8169-1885-9)  
Hochleistungswerkstoffe, Krupp VDM Druckschrift N 5091 93-12

## Keramische Werkstoffe und Gläser (1V/1Ü)

Lehrinhalte: Vorlesung und Übungen vermitteln einen Überblick über Herstellung, mikrostrukturellen Aufbau und Eigenschaften keramischer Werkstoffe und Gläser. Nach einer Einführung in die wichtigsten Herstellungs- und Charakterisierungsmethoden werden an Hand von Beispielen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten (insbesondere im Rahmen der Chemietechnik) vorgestellt.

- Definition, Geschichte und Eigenschaftsprofil keramischer Werkstoffe und Gläser
- Herstellung von Keramik und Glas, Recycling
- Gefüge keramischer Werkstoffe
- Phasenumwandlungen in Gläsern: Entmischung und Kristallisation
- Physikalische, mechanische und chemische Eigenschaften keramischer Werkstoffe und Gläser
- Kohlewerkstoffe (Diamant, Graphit, carbon nanotubes)
- Oxidische Strukturkeramiken ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ )
- Silikatische und oxidische Gläser, Emaille, Glaskeramik
- Nichtoxidische Strukturkeramiken ( $\text{SiC}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ )
- Funktionskeramische Werkstoffe (z.B. Gassensoren, Membranen, Wärmedämmschichten)
- Hydratisierbare Silikate / Baustoffe (z.B. Gips, Zement, Ziegel, Beton)

Dozent: Prof. Dr. rer. nat Köster  
Lehrangebot: WS  
Literatur: Vorlesungsskript  
Y.-M. Chiang, D. Birnie III, W.D. Kingery, Physical Ceramics – Principles for Ceramic Science and Engineering, Wiley, New York 1997  
D.W. Richerson, Modern Ceramic Engineering, Marcel Dekker, New York 1992

## Metalle (1V/1Ü)

Lehrinhalte: Die Eigenschaften eines Werkstoffes werden in hohem Maße durch dessen Gefüge bestimmt. Ziel der Vorlesung ist es, die in metallischen Werkstoffen bei der Gefügeeinstellung ablaufenden Reaktionen und Phasenumwandlungen verstehen und die thermische Stabilität eingestellter Gefüge abschätzen zu lernen. Darauf aufbauend werden Methoden zur gezielten Einstellung von Gefügen bezüglich einer

Optimierung mechanischer Eigenschaften besprochen.

1. Phasendiagramme, Thermodynamik und Diffusion
2. Struktur von Phasengrenzflächen
3. Diffusionsgesteuerte Reaktionen und Umwandlungen
4. Diffusionslose Umwandlungen
5. Reaktionen an Festkörper-Grenzflächen (z.B. in Verbundwerkstoffen)
6. Gefüge / Eigenschaftsbeziehungen bezüglich mechanischer Eigenschaften
7. Design bezüglich mechanischer Eigenschaften optimierter metallischer Werkstoffe: Stähle, Al-, Mg-, Ti-Legierungen, Ni-Basis-Superlegierungen

Dozent: Prof. Dr. rer. nat Köster

Lehrangebot: WS

Literatur: Vorlesungsskript

D.A. Porter, K.E. Easterling: Phase Transformations in metals and Alloys  
Chapman & Hall, London 1993

J. W. Martin, R. D. Doherty, B. Cantor, Stability of microstructure in  
metallic systems, Cambridge University Press, Cambridge 1997

## **Mikrostrukturanalyse im Bio- und Chemieingenieurwesen (1V/1Ü)**

Lehrinhalte: Das Ziel der Veranstaltung ist die Vermittlung grundlegender Kenntnisse zur Analyse des Gefüges (Mikrostruktur) von Materialien mittels beispielsweise Licht- oder Raster-Proben-Mikroskopie sowie Beugungs- und Spektroskopieverfahren.

1. Einleitung
  - Struktur und Gefüge, Anforderungen an eine Werkstoffmikroskopie, Auflösungsvermögen, Überblick über verschiedene Methoden
2. Lichtmikroskopie
  - Aufbau, Bildentstehung, Auflösung, Tiefenschärfe, Probenpräparation, Kontrastarten
3. Röntgenbeugung
  - Röntgenquellen, Röntgenbeugung, Röntgenmikroskopie
4. Raster-Sonden-Mikroskopie
  - Prinzip, Raster-Kraft-Mikroskopie (AFM), Raster-Tunnel-Mikroskopie (STM), Optische-Nah-Feld-Mikroskopie (SNOM)
5. Spektroskopieverfahren
  - IR-Spektroskopie, Röntgen-Photo-Elektronen Spektroskopie, Sekundär-Ionen-Massen-Spektroskopie

Dozent: Dr. Katzenberg

Lehrangebot: WS

Literatur: L.C. Sawyer, D.T. Grubb: Polymer Microscopy; E. Hecht: Optics; L.A. Alexander: X-Ray Diffraction in Polymer Science

## **Elektronenmikroskopie (1V/1Ü)**

- Lehrinhalte: Die Beziehung zwischen Mikrostruktur und Werkstoff-Eigenschaften ist von zentraler Bedeutung in der Werkstoffkunde. Ziel der Veranstaltung ist die Vermittlung grundlegender Kenntnisse (wie z.B. Funktion der verwendeten Geräte, Anforderungen an die Probenpräparation, Kontrasttheorie) für raster- bzw. durchstrahlungselektronenmikroskopische Untersuchungen.
1. Einleitung
    - Anforderungen an eine Werkstoffmikroskopie, Auflösungsvermögen licht- und elektronenmikroskopischer Geräte, Elektronenstrahlquellen, Elektronenoptik, Wechselwirkung: Elektron - Materie
  2. Rasterelektronenmikroskopie
    - Aufbau, Bildentstehung, Auflösungsvermögen, Probenpräparation, Kontrastentstehung, low-kV Rasterelektronenmikroskopie
  3. Durchstrahlungselektronenmikroskopie:
    - Aufbau, Bildentstehung, Auflösungsvermögen, Probenpräparation
    - Elektronenbeugung: Gitter und reziprokes Gitter, Feinstrahlbeugung, konvergente Beugung, Channeling-Pattern
    - Kontraste in defektfreien Kristallen, Kontraste durch Gitterbaufehler
    - Kontraste in mehrphasigen Gefügen
    - Kunststoffmikroskopie
    - Hochauflösungselektronenmikroskopie
  4. Analytische Elektronenmikroskopie:
    - Elektronenstrahlmikroanalyse (EDX), EELS
  5. Bildverarbeitung und Bildspeicherung:
    - Bildanalyse, Fouriertransformation, Bildverarbeitung, Bildaufzeichnungsverfahren: Filme, CCD-Kamera, Speicherverfahren

Dozent: Dr. Katzenberg und Prof. Dr. rer. nat Köster

Lehrangebot: WS oder SS

Literatur: Vorlesungsskript

L.E. Murr, Electron Optical Applications in Materials Science, McGraw-Hill, New York 1970

L.C. Sawyer, D.T. Grubb, Polymer Microscopy, Chapman & Hall, London 1994

## **Vertiefungspraktika**

Der Lehrstuhl bietet ganzjährig Vertiefungspraktika zu aktuellen Themenstellungen nach Absprache an.