

Modulbeschreibung

Prozessintegration und Pinch-Analysen

Allgemeine Informationen

Anzahl ECTS-Credits

3

Modulkürzel

TSM_Proclnt

Version

30.08.2011

Modulverantwortliche/r

Beat Wellig

Sprache

	Lausanne	Bern	Zürich
Unterricht	<input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input checked="" type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E
Unterlagen	<input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input checked="" type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E
Prüfung	<input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input checked="" type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E

Modulkategorie

- Erweiterte theoretische Grundlagen
- Technisch-wissenschaftliche Vertiefung
- Kontextmodule

Lektionen

- 2 Vorlesungslektionen und 1 Übungslektion pro Woche
- 2 Vorlesungslektionen pro Woche

Kurzbeschreibung /Absicht und Inhalt des Moduls in einigen Sätzen erklären

Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise, Lenkungsabgaben und ökologischer Anforderungen gewinnt die Reduktion des Energiebedarfs für die Industrie zunehmend an Bedeutung. Der Schlüssel zu höherer Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit von thermischen Prozessen ist die energetische Prozessintegration mit Hilfe der Pinch-Analyse. Sie zeichnet sich durch einen systematischen Ansatz aus, mit welchem das beste Anlagendesign und der wirtschaftlich optimale Energieeinsatz bestimmt werden können. Aus den Ergebnissen der Analyse können in einer strategischen Planung Massnahmen zur Wärmerückgewinnung und verbesserten Energieversorgung abgeleitet werden.

In diesem Modul lernen die Studierenden die grundlegenden Methoden der energetischen Prozessintegration mit Hilfe der Pinch-Analyse kennen. Sie sind nach dem Besuch des Moduls in Lage, für „überschaubare“ industrielle Prozesse selbstständig Pinch-Analysen durchzuführen und folgende Fragen zu beantworten: Wie gross ist der minimal notwendige Energiebedarf, wenn eine vollständig optimierte Anlage vorliegen würde? Wie kann dieser Optimalzustand erreicht werden? Wo liegt das wirtschaftliche Optimum für die Investitions- und Energiekosten? Sie können damit Industrieunternehmen in ihrer nachhaltigen Entwicklung und bei der Reduktion von CO₂-Emissionen unterstützen, indem die Senkung des Energiebedarfs mit der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit einhergeht.

Ziele, Inhalt und Methoden

Lernziele, zu erwerbende Kompetenzen

Der/die Studierende

- versteht die „Natur/Philosophie“ des Prozess-Designs sowie der energetischen Prozessintegration und Pinch-Analyse (Zwiebelschalen-Modell, Targets before Design).
- kann für verfahrenstechnische Prozesse mit mehreren Komponenten und Phasen die Massen-, Stoff- und Energiebilanz durchführen und beherrscht die grundlegenden Gesetze der Mehrstoff-Thermodynamik (nur ideale Zweistoff-Systeme).
- beherrscht die thermodynamisch korrekte Beurteilung von Energieumwandlungssystemen sowie die Grundlagen der Wärmeübertragung im Hinblick auf die energetische Prozessintegration und Pinch-Analyse.
- ist in der Lage, mit den grundlegenden Methoden der Pinch-Analyse (Problem Table Algorithm, Composite Curves, Grand Composite Curve, Cost Curves usw.) die Energieziele, WÜ-Flächenziele und Kostenziele von Prozessen zu bestimmen.
- kennt und versteht die „goldenen Regeln“ der Pinch-Analyse sowie die Regeln für das Design von Wärmeübertrager-Netzwerken und kann diese für praktische Fälle anwenden. Er/sie kann zudem Wärmeübertrager-Netzwerke optimieren.
- kann Utilities wie Dampf-, Kühlwassersysteme usw. sowie Energieumwandlungssysteme wie Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke usw. korrekt in einem Prozess platzieren.
- ist nach dem Modul in der Lage, die Energiemodellierung eines Prozess korrekt durchzuführen und mit Hilfe einer Software die Pinch-Analyse selbstständig durchzuführen sowie Massnahmen zur Erhöhung der Effizienz zu erarbeiten.

Modulinhalt mit Gewichtung der Lehrinhalte

Der Modulinhalt ist wie folgt gegliedert (14 Semesterwochen):

1. *Introduction*: Industry Process Types, Energy and Resource Requirements of Industrial Processes; Nature of Process Design and Integration, the Onion Model of Process Design, Process Economics
2. *Fundamentals of Process Engineering*: Overview Unit Operations, multi-component and multi-phase Systems, Mass and Energy Balances, multi-component Thermodynamics
3. *Common Types of Thermal Unit Operations*: Evaporation, Distillation, Rectification, Absorption, Drying
4. *Energy Conversion Units (ECUs)*: 1st and 2nd Law of Thermodynamics Analysis In Relation to Pinch Analysis: Heat Engines, Heat Pumps, Combined Heat and Power (CHP) Generation Systems
5. *Heat Transfer and Heat Transfer Equipment*: Overall Heat Transfer Coefficients, Temperature Differences in Shell-and-Tube Heat Exchangers, Different Types of Heat Exchangers, Optimization of annualized total Costs of a single Heat Exchanger
6. *Energy Targets*: Composite Curves CC, Heat Recovery Pinch, "Golden Rules" of Pinch Analysis, Problem Table Algorithm
7. *Energy Targets*: Shifted Composite Curves, Grand Composite Curve GCC, Utility Selection and Placement (Steam Systems, Furnaces, CoolingWater Systems)
8. *Area and Cost Targets*: Heat Exchanger Area Targets, Number Heat Exchanger Units, Number of Shell Targets, Cost Targets, Trade-off between annualized Capital and Operating Costs (Supertargeting)
9. *Stream Data*: Basic Principles of Data Extraction for Heat Integration; Introduction to Process Analysis and Design Tool PinCH; *Heat exchanger Network (HEN) Design*: The Pinch Design Method, HEN Design Grid
10. *Heat exchanger Network Design*: Design of Minimum Energy Requirement or Maximum Energy Recovery (MER) Networks, Design for Threshold Problems, Stream Splitting, Design for Multiple Pinches, Network Optimization (relaxed HEN, Loops, Paths)
11. *Energy Conversion Units*: Appropriate Placement Heat Engines and Heat Pumps, Integration of Combined Heat and Power (CHP) Generation Systems: Steam Turbines, Gas Turbines, Reciprocating Engines
12. *Energy Conversion Units*: Integration of Heat Pumps and Refrigeration Systems, Mechanical Vapour Recompression (MVR), Thermal Vapour Recompression (TVR)
13. *Multiple Base Case (MBC) and Batch Processes Analysis*: Time Averaged Models (TAM) and Time Slice Models, Supertargeting Optimization, Scheduling, Decision Balancing Between Direct, Indirect and Utility Heat Exchange
14. *Environmental Design for Water System Design*: Water Pinch (some Examples as an Outlook to further Aspects of Process Integration)

Lehr- und Lernmethoden

- Frontalunterricht (2 Lektionen pro Woche)
- Übungen/Tutorien (1 Lektion pro Woche)
- Selbststudium ausgewählter Kapitel aus verschiedenen Lehrbüchern und Papers
- Lösen von Hausaufgaben (wöchentlich) mit anschliessender Besprechung
- Lösen von Fallbeispielen mit der Software PinCH (siehe www.pinch-analyse.ch)

Voraussetzungen, Vorkenntnisse, Eingangskompetenzen

Die Studierenden sollten ein reges Interesse an verfahrens- und energietechnischen Fragestellungen haben. Der Besuch des Moduls setzt Grundlagenkenntnisse der technischen Thermodynamik voraus. Dazu gehören insbesondere:

- Sichere Anwendung des 1. Hauptsatzes (und idealerweise auch des 2. Hauptsatzes) der Thermodynamik für Fließprozesse und Energieumwandlungssysteme wie z.B. Wärmekraftmaschinen, Wärmepumpen oder Kälteanlagen
- Gutes Verständnis des „Enthalpie-Begriffes“ für reine Substanzen
- Grundlagen der Wärmeübertragungslehre: Bilanzierung; grundlegende Gesetze der Wärmeleitung, des Wärmeübergangs und Wärmedurchgangs; mittlere logarithmische Temperaturdifferenz von Gleich- und Gegenstrom-Wärmeübertragern

Vorkenntnisse in thermischer Verfahrenstechnik und energetischen Prozessintegration sind wünschenswert, jedoch nicht zwingend erforderlich für den Besuch des Moduls.

Bibliografie

Den Studierenden werden ein Skript und weitere Unterlagen zur Verfügung gestellt. Als Begleitlektüre werden folgende Bücher empfohlen:

- Robin Smith: Chemical Process Design and Integration, Wiley, 2007, ISBN 978-0-471-48681-7
- Ian C. Kemp: Pinch Analysis and Process Integration: a User Guide on Process Integration for the efficient Use of Energy, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0-7506-8260-2

Leistungsbewertung**Zulassungsbedingungen für die Modulschlussprüfung (Testatbedingungen)**

Erfolgreiche Durchführung der Übungen

Schriftliche Modulschlussprüfung

Prüfungsdauer :	120 Minuten
Erlaubte Hilfsmittel:	Abgegebene Unterlagen, eigene Notizen, Taschenrechner sowie Notebook mit PinCH-Software