

**Modulbezeichnung:** Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum (TPE+PR) 7.5 ECTS  
(Thermophysical Properties of Working Materials in Process and Energy Engineering with Laboratory Course)

Modulverantwortliche/r: Thomas Koller

Lehrende: Thomas Koller, Michael Rausch, Andreas Paul Fröba

Startsemester: WS 2020/2021

Dauer: 1 Semester

Turnus: halbjährlich (WS+SS)

Präsenzzeit: 90 Std.

Eigenstudium: 135 Std.

Sprache: Deutsch und Englisch

#### Lehrveranstaltungen:

Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (WS 2020/2021, Vorlesung mit Übung, 4 SWS, Thomas Koller et al.)

Praktikum in Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik (WS 2020/2021, Praktikum, 3 SWS, Anwesenheitspflicht, Thomas Koller et al.)

#### Empfohlene Voraussetzungen:

Grundkenntnisse der Technischen Thermodynamik sowie der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung  
Basic knowledge on Engineering Thermodynamics as well as heat, mass, and momentum transfer

#### Inhalt:

- Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik
- Gleichgewichtseigenschaften zur Charakterisierung von Arbeitsstoffen, z.B. in Form der thermodynamischen Zustandseigenschaften und -größen Dichte, innere Energie, Enthalpie, Entropie, spezifische Wärmekapazität, Schallgeschwindigkeit, Brechungsindex, Oberflächen- und Grenzflächenspannung
- Transporteigenschaften zur Charakterisierung des molekularen Masse-, Energie- und Impulstransportes, z.B. Viskosität, Diffusionskoeffizient, Soret-Koeffizient, Thermodiffusionskoeffizient, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit
- Anwendungsbezogene Stoffdatenrecherche in der wissenschaftlichen Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken
- Korrelationen und Vorhersagemethoden für Stoffeigenschaften
- Methoden zur experimentellen Bestimmung und prozessbegleitenden Messung von Stoffdaten, insbesondere durch moderne laseroptische Techniken
- Grundzüge der theoretischen Bestimmung von Stoffdaten mit Hilfe der molekularen Modellierung
- Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen
- Im Rahmen des Praktikums werden an 12 Terminen verschiedene praktische Aspekte im Zusammenhang mit Stoffdaten behandelt. Dabei werden z.B. die Bestimmung von Viskosität und Diffusionskoeffizient mittels Dynamischer Lichtstreuung und die Analyse der entsprechenden Größen mittels molekularer Modellierung sowie die Charakterisierung von maßgeschneiderten Arbeitsfluiden für Hochtemperaturwärmepumpensysteme und Organic Rankine Cycles über die Erstellung einer Zustandsgleichung demonstriert. Zudem führen die Studierenden für die 6 behandelten Themen selbständig Versuchsauswertungen bzw. Datenanalysen durch.

#### Content

- The importance of thermophysical properties in process and energy engineering
- Equilibrium properties for the characterization of working materials, e.g., in the form of thermodynamic properties of state and other equilibrium properties such as density, internal energy, enthalpy, entropy, specific heat capacity, sound speed, refractive index, surface or interfacial tension, etc.
- Transport properties for the characterization of molecular transfer of mass, energy, and momentum, e.g. diffusion coefficients, Soret coefficient, thermal diffusion coefficient, thermal conductivity, thermal diffusivity, and viscosity
- Use-oriented inquiry of thermophysical property data in scientific literature, table compilations, and databases
- Correlation and prediction of thermophysical properties

- Methods for experimental determination and in-process measurement of thermophysical properties, in particular by laser-optical techniques
- Basics of the theoretical prediction of thermophysical properties by molecular modeling
- Development of thermal and caloric equations of state
- In the lab course, several practical aspects in context with thermophysical properties will be treated within 12 events. Here, for example, the determination of viscosity and diffusion coefficients by Dynamic Light Scattering, the evaluation of the same properties by molecular modeling, and the characterization of tailor-made working fluids for high-temperature heat pump systems and Organic Rankine Cycles by the development of equations of state will be demonstrated. In context with the 6 different topics covered, the students will perform data evaluations and analyses.

### **Lernziele und Kompetenzen:**

Die Studierenden

- sind mit der Bedeutung von Stoffdaten in der Verfahrens- und Energietechnik in Form von Gleichgewichts- und Transporteigenschaften vertraut,
- verwenden verschiedene Bezugsquellen für Stoffeigenschaften (Recherche in wissenschaftlicher Literatur, Tabellenwerken und Datenbanken; Korrelationen und Vorhersagemethoden; theoretische und experimentelle Bestimmung) eigenständig und wählen diese bedarfsgerecht und abhängig vom resultierenden Nutzen und Aufwand aus,
- kennen die Herangehensweisen zur Korrelation und Vorhersage von Stoffeigenschaften sowie zur Aufstellung von thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen und übertragen diese Herangehensweisen auf andere Stoffe,
- sind mit experimentellen Methoden zur Stoffdatenbestimmung vertraut, insbesondere mit laseroptischen Messtechniken,
- verstehen die Grundzüge der molekularen Modellierung zur theoretischen Bestimmung von Stoffdaten,
- wählen Arbeitsmedien mit definierten Stoffeigenschaften für eine optimierte Gestaltung von Verfahren und Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik aus und
- führen selbständig Praktikumsversuche durch, indem sie beispielsweise Viskosität und Diffusionskoeffizient mittels Dynamischer Lichtstreuung bestimmen, die entsprechenden Größen mittels molekularer Modellierung analysieren sowie maßgeschneiderte Arbeitsfluide für Hochtemperaturwärmepumpensysteme und Organic Rankine Cycles über die Erstellung einer Zustandsgleichung charakterisieren.

### **Education objectives and competences**

The students

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

### **Literatur:**

- R. C. Reid, J. M. Prausnitz, B. E. Poling, The properties of gases and liquids, McGraw Hill Book Co., New York, 1987

- Recommended Reference Materials for the Realization of Physicochemical Properties, K. N. Marsh (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1987
- Measurement of the Transport Properties of Fluids, W. A. Wakeham, A. Nagashima, and J. V. Sengers (eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991
- R. Haberlandt, S. Fritzsche, G. Peinel, K. Heinzinger, Molekulardynamik: Grundlagen und Anwendungen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995
- R. W. Kunz, Molecular Modelling für Anwender, Teubner, Stuttgart 1997
- M. J. Assael, J. P. M. Trusler, T. F. Tsoukakis, Thermophysical Properties of Fluids, Imperial College Press, London, 1996
- Transport Properties of Fluids, J. Millat, J. H. Dymond, and C. A. Nieto de Castro (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1996
- J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997
- G. Grimvall, Thermophysical Properties of Materials, Elsevier, Amsterdam, 1999
- J. A. Wesselingh, R. Krishna, Mass Transfer in Multicomponent Mixtures, Delft University Press, Delft, The Netherlands, 2000
- Equations of State for Fluids and Fluid Mixtures, J. V. Sengers, R. F. Kayser, C. J. Peters, and H. J. White, Jr. (eds.), Elsevier, Amsterdam 2000
- Measurement of the Thermodynamic Properties of Single Phases, A. R. H. Goodwin, K. N. Marsh, and W. A. Wakeham (eds.), Elsevier, Amsterdam 2003
- Diffusion in Condensed Matter, P. Heitjans and J. Kärger (eds.), Springer, New York 2005
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2007
- C. L. Yaws, Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons, William Andrew, Inc., Norwich, 2008
- Applied Thermodynamics of Fluids, A. R. H. Goodwin, J. V. Sengers, C. J. Peters (eds.), Elsevier, Amsterdam, 2010
- Experimental Thermodynamics Volume IX: Advances in Transport Properties of Fluids, M. J. Assael, A. R. H. Goodwin, V. Vesovic, and W. A. Wakeham (eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2014

---

### Studien-/Prüfungsleistungen:

Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik Praktikum (Prüfungsnummer: 49702)

(englische Bezeichnung: Laboratory Course Thermophysical Properties of Working Materials in Process and Energy Engineering)

Studienleistung, Praktikumsleistung

weitere Erläuterungen:

Praktikum unbenotet (Abschlussbericht von ca. 20 Seiten über die behandelten Themen und Versuche) - Lab Course without marks (final report of about 20 pages on the covered topics and experiments)

Prüfungssprache: Deutsch und Englisch

Erstablesung: WS 2020/2021, 1. Wdh.: SS 2021

1. Prüfer: Andreas Paul Fröba

Thermophysikalische Eigenschaften von Arbeitsstoffen der Verfahrens- und Energietechnik mit Praktikum (Prüfungsnummer: 49701)

(englische Bezeichnung: Thermophysical Properties of Working Materials in Process and Energy Engineering with Laboratory Course)

Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

weitere Erläuterungen:

In der Regel mündliche Prüfung; eine mögliche Änderung wird bis zum Ende der zweiten Woche der Vorlesungszeit bekannt gegeben.

Generally oral examination; a possible change will be announced until the end of the second week of the lecture period.

Prüfungssprache: Deutsch und Englisch

Erstablingung: WS 2020/2021, 1. Wdh.: SS 2021

1. Prüfer: Andreas Paul Fröba

---

**Bemerkungen:**

Die Lehrveranstaltung wird im Wintersemester in deutscher Sprache und im Sommersemester in englischer Sprache angeboten.

The lecture course is given in German language in the winter term and in English language in the summer term.