

Allgemeines

1972 wurde die Gesamthochschule Paderborn gegründet und im Jahre 1980, nach Abschluß der Aufbauphase, in Universität-Gesamthochschule-Paderborn umbenannt. Die Vorgänger-Einrichtung der Ingenieurausbildung in Paderborn war die 1963 gegründete Staatliche Ingenieurschule für Maschinenwesen, die 1972 — nach Zusammenschluß mit den Ingenieurschulen in Höxter und Meschede — zur Fachhochschule Südost-Westfalen weiter ausgebaut wurde. 1988 feierten die Ingenieurfachbereiche Maschinentechnik, Elektrotechnik und Informatik der Universität das 25-jährige Jubiläum der Ingenieurausbildung in Paderborn. In einer Festschrift sind die geschichtliche Entwicklung, die derzeitige Struktur und der Stand der Lehre und Forschung ausführlich dargestellt. Die Ausbildung von Verfahreningenieuren erfolgt im Fachbereich Maschinentechnik, in dem z. Z. 1600 Studenten eingeschrieben sind. Die Personalkapazität umfaßt 24 Professoren, 80 wissenschaftliche und 46 nichtwissenschaftliche Angestellte. Strukturell ist der Fachbereich in acht Fachgruppen gegliedert. Die verfahrenstechnische Lehre und Forschung wird insbesondere von dem Fachgebiet Thermodynamik und Wärmeübertragung der Fachgruppe Energietechnik und der aus zwei Arbeitsgruppen bestehenden Fachgruppe Verfahrenstechnik durchgeführt. Es bestehen enge Verknüpfungen mit verfahrenstechnischen Grundvorgängen bei den Arbeiten der Fachgruppen Kunststofftechnologie und Werkstoff- und Fügetechnik.

Lehre

Die Lehre erfolgt entsprechend dem Konzept der Gesamthochschulen in Nordrhein-Westfalen nach dem Y-Modell. Eingangsvoraussetzung ist das Abitur oder die Fachhochschulreife. Nach einem teilweise gemeinsamen Grundstudium erfolgt eine Aufspaltung in das praxisorientierte Kurzzeitstudium (Hauptstudium I, Regelstudienzeit 7 Semester) und das wissenschaftsorientierte Langzeitstudium (Hauptstudium II, Regelstudienzeit 9 Semester). Studenten mit Fachhochschulreife können auch das Hauptstudium II absolvieren, sofern sie studienbegleitende Brückenkurse in Deutsch, Mathematik und Englisch erfolgreich abschließen. Das Studium des Maschinenbaus im Fachbereich Maschinentechnik gliedert sich nach dem Vorexamen in die drei Studienrichtungen Konstruktions-technik, Fertigungstechnik, Verfahrenstechnik/Kunststofftechnik mit den Schwerpunkten Verfahrenstechnik und Kunststofftechnik. Die Ausbildung von Verfahreningenieuren erfolgt demnach nach dem klassischen Konzept der Grundausbildung im Maschinenbau und der Spezialisierung zum Verfahreningenieur nach dem Vorexamen. Die Besonderheit liegt darin, daß eine enge Verknüpfung mit der Kunststofftechnik besteht. Im Hauptstudium II kommt dies durch die Vorlesungen Chemie der Kunststoffe, Kunststofftechnologie 1, Grundlagen der Kunststoffverarbeitung und durch das Grundpraktikum Verfahrenstechnik/Kunststofftechnik zum Ausdruck. Weitere gemeinsame Pflichtvorlesungen für die Studienrichtung Verfahrenstechnik und Kunststofftechnik sind: Strömungslehre, Meßtechnik, Regelungstechnik, Thermodynamik, Wärmeübertragung, Mechanische und Thermische Verfahrenstechnik. Hinzu kommen im Schwerpunkt Verfahrenstechnik die Vertiefungsfächer: Stoffübertragung, Technische Reaktionsführung und die Wahlpflöcke (je 8 Wo-Stunden) Mehrphasenströmung und Rheologie, Energie- und Brennstofftechnik, Wärme- und Kältetechnik, Anlagen- und Systemtechnik.

Forschung

Forschungsrelevante Aktivitäten sind den nachfolgenden Einzeldarstellungen der Bereiche

- Thermodynamik/Wärmeübertragung (Prof. Gorenflo)
- Verfahrenstechnik (Prof. Rennhack)
- Mechanische Verfahrenstechnik (Prof. Pahl)
- Kunststofftechnik (Prof. Potente, Prof. Wortberg)

zu entnehmen.

- 1) 25 Jahre Ingenieurausbildung in Paderborn — von der Ingenieurschule zur Universität 1963-1988, Fachbereiche 10, 14 und 17 der Universität-GH Paderborn (1988)

Thermodynamik/ Wärmeübertragung Universität – GH – Paderborn

Dieter Gorenflo
Prof. Dr.-Ing.

Pohlweg 55
Postfach 1621
D-W-4790 Paderborn
T 05251-60-2393, -2392
Fax 05251-60-3207, -2519

Summary

The institute was founded in 1979 and is part of the Department of Mechanical and Chemical Engineering at the University of Paderborn. It provides the basic lecture courses in thermodynamics and heat transfer for Mechanical and Chemical Engineering students and advanced courses in heat transfer with phase change, refrigeration engineering and heat pumps. Research is mainly concerned with heat transfer at pool boiling of pure liquids and mixtures, including bubble formation at heated surfaces, and with experimental determination of phase equilibria of binary mixtures. In addition, research is carried out with energy saving in refrigerators and deep freezers.

Allgemeines

Der Lehrstuhl für Thermodynamik und Wärmeübertragung, dem

das Laboratorium für Wärme- und Kältetechnik angeschlossen ist, wurde 1979 im Rahmen des Ausbaus von Forschung und Lehre in Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der Universität -GH- Paderborn gegründet. In der Lehre wird die Grundausbildung der Studenten in Thermodynamik und Wärmeübertragung betreut, außerdem werden aufbauende Vorlesungen zu Kältetechnik und Wärmepumpentechnik sowie zu Sonderfragen der Wärmeübertragung angeboten. In der Forschung konzentrieren sich die Arbeiten auf Untersuchungen zum Wärmeübergang beim Blasensieden an reinen Stoffen und Gemischen, auf Phasengleichgewichtsmessungen und auf Untersuchungen zum Wärmeübertragungsverhalten und zum Energieverbrauch von Kühl- und Gefriergeräten. Am Lehrstuhl sind z.Z. 12 Mitarbeiter tätig, davon 6 mit abgeschlossener wissenschaftlicher Ausbildung. An Personal- und Laborfläche stehen ca. 700 m² zur Verfügung.

Lehre

Die Lehre umfaßt die Ausbildung der Studenten des Maschinenbaus und der Verfahrenstechnik in den Grundlagen der Thermodynamik und der Wärmeübertragung. Darauf aufbauend werden Spezialvorlesungen zu ausgewählten Kapiteln der Wärmeübertragung mit Schwerpunkt auf Phasenumwandlungen und zum Gebiet der Kältetechnik und Wärmepumpentechnik angeboten. Eine praxisorientierte Veranstaltung über Kältemaschinen/Wärmepumpen rundet das Angebot ab. Durch Praktikumsversuche aus dem Bereich der Wärme- und Kältetechnik soll den Studenten der Zugang zu den theoretischen Zusammenhängen erleichtert werden.

Forschung

Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten, die überwiegend experimentelle Fragestellungen behandeln, liegt auf folgenden Gebieten:

1. Wärmeübertragung beim Sieden

Frühere Messungen zum Blasensieden von reinen Stoffen und Gemischen wurden auf leichte aliphatische Kohlenwasserstoffe (Ethan bis Hexan) ausgedehnt und dabei der Einfluß der Oberflächenrauigkeit und der Rippengeometrie von horizontalen Verdampferrohren in freier Konvektion untersucht. Abb. 1 zeigt Ergebnisse zum Sieden von Propan und Propylen an einem Glatt- und einem Rippenrohr bei unterschiedlichen normierten Siededrücker $p^* = p_s/p_c$, $p_c =$ kritischer Druck. Aufgetragen ist der auf die Kernrohroberfläche des Rippenrohres bzw. die Oberfläche des Glattrohres bezogene Wärmeübergangskoeffizient α_k über der analog definierten Wärmestromdichte q_k . Man erkennt am unteren Diagramm, daß die Verbesserung des Wärmeübergangs am Rippenrohr im Vergleich zum Glattrohr bei hohen Wärmestromdichten mit wachsendem Druck abnimmt, bei tiefen Wärmestromdichten dagegen zunimmt. Das untersuchte Rippenrohr ist ein Kupferrohr mit aus dem vollen gewalzten Rippen, die anschließend teilweise plattgewalzt sind, so daß näherungsweise ringförmige Kanäle mit relativ engem Austrittsschlitz längs des Rohrumfanges entstehen; außerdem sind Kerben im Rippengrund vorhanden (GEWA-TX-Rohr, Fa. Wieland-Werke AG, Ulm). Im Vergleich zu dem aus der Literatur bekannten Sachverhalt zum Blasensieden an Rippenrohren zeigt das Rohr zwei Besonderheiten, vgl. oberes Diagramm in Abb. 1: Bei hohen Wärmestromdichten wird der Wärmeübergangskoeffizient vom Druck und der Wärmestromdichte nahezu unabhängig, und bei kleinen Wärmestromdichten ergeben sich verhältnismäßig große α_k -Werte, die in einem ausgedehnten Bereich ebenfalls keinen Einfluß der Wärmestromdichte aufweisen. Beide Effekte lassen sich in Verbindung mit fotografischen Aufnahmen dadurch erklären, daß die Blasenbildung und -abströmung in den betreffenden Bereichen

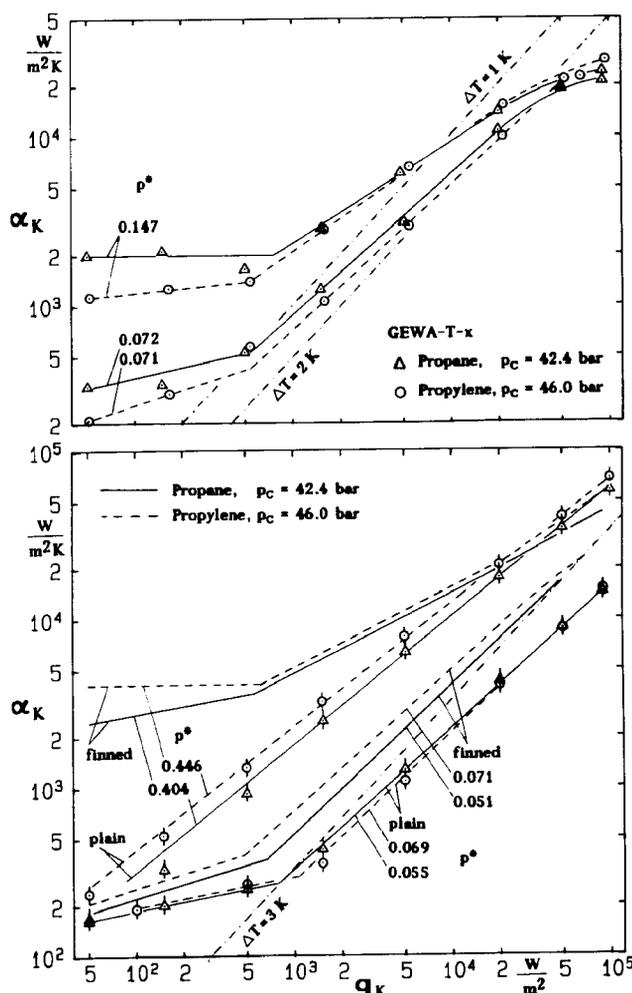


Abb. 1: Wärmeübergangskoeffizient α_k als Funktion der Wärmestromdichte q_k für das Sieden von Propan und Propylen an einem GEWA-TX-Rippenrohr (oben) und Vergleich mit Glattrohr-Ergebnissen (unten) bei unterschiedlichen Siededrücker $p^* = p/p_c$.

α_k, q_k sind beim Rippenrohr auf die Kernrohroberfläche bezogen.

von den Vorgängen an den Austrittsschlitz der Rippen und nicht, wie üblich, von der Oberflächenrauigkeit und der Gesamtgeometrie der Heizfläche bestimmt ist. Die zugehörigen Messungen werden durch weitere Untersuchungen mit mehr grundsätzlicher Fragestellung flankiert.

2. Phasengleichgewicht von reinen Stoffen und binären Gemischen An Ethan- und Propanabkömmlingen, die als Ersatzstoffe mit geringerem Ozonabbaupotential und Beitrag zum Treibhauseffekt infrage kommen als die z.Z. verwendeten, vollhalogenierten Kältemittel, sowie an Gemischen dieser Stoffe werden die kritischen Zustände, die Dampfdruckkurven sowie die Siede- und Taudichten untersucht. Dazu wird eine statische Phasengleichgewichts-Zelle mit angekoppelten Biegeschwinger-Dichtemeßgeräten und Dampf- und Flüssigkeitsumlauf durch Mikropumpen benutzt.

In Abb. 2 sind Ergebnisse zu Dampfdruck (oben), Taudichte (mitte) und Siededichte (unten) für R123 (CHClF₂) als Abweichung von Gleichungen des Nat. Inst. for Standards and Technol. (NIST), USA, dargestellt und mit den wenigen bisher vorhandenen Literaturdaten verglichen. Das Meßprogramm soll u.a. zur Aufstellung von Zustandsgleichungen für Gemische der obengenannten Stoffe führen und Fragen zur künftigen Anwendung beantworten.

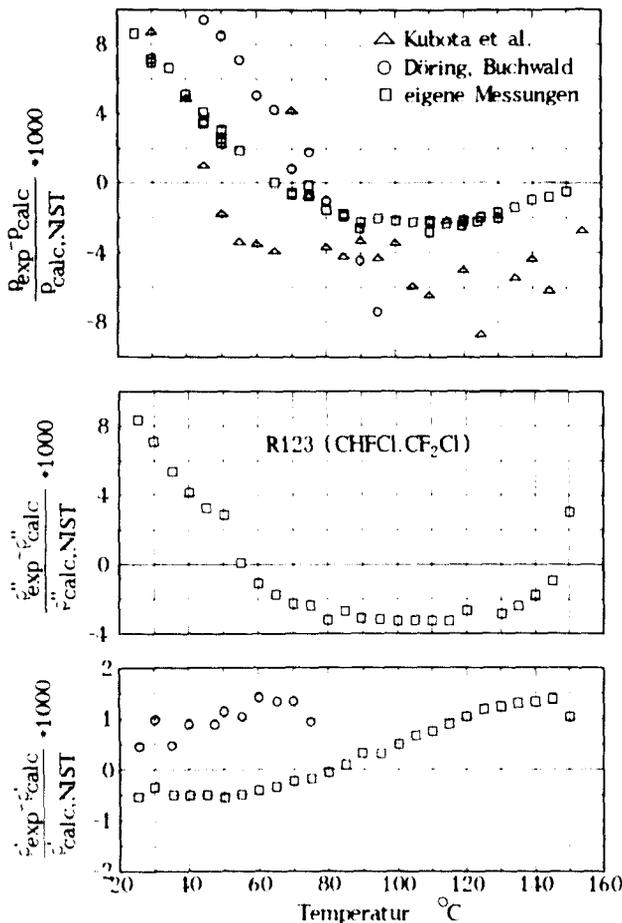


Abb. 2: Dampfdruck (oben), Taudichte (mitte) und Siededichte (unten) für Messungen an dem Ersatzkältemittel R123 (CHFCI, CF₂Cl). Aufgetragen ist die relative Abweichung von Gleichungen des NIST, USA, über der Temperatur.

3. Energieaufnahme von Kühl- und Gefriergeräten

In einem Klimaraum mit sehr geringer zeitlicher und räumlicher Schwankung der Temperatur und Luftfeuchtigkeit, der mit 14 vollinstallierten Meßplätzen zur digitalen Signalverarbeitung ausgestattet ist, werden auf der Suche nach Energieeinsparungsmöglichkeiten in der Kälte- und Klimatechnik Leistungsmessungen an Kühl- und Gefriergeräten durchgeführt. Im Zusammenhang mit diesen Messungen wird in einem Gemeinschaftsvorhaben mit der Fachgruppe Kunststofftechnologie unserer Hochschule an der Entwicklung einer neuen Testmasse auf Kunststoffbasis gearbeitet, die im Mittel die thermischen Eigenschaften der in den Geräten gelagerten Lebensmittel haben soll und dann in Leistungsmessungen an Kühl- und Gefriergeräten eingesetzt wird. Außerdem wurde ein neues Meßverfahren entwickelt und erprobt, mit dem der R11-Gehalt im Zellgas sowie in der Gerüstsubstanz von Polyurethan-Isolierschaum ermittelt werden kann, um die Einsparung an ozonschädlichem Treibgas in modernen Isolierschäumen nachzuweisen und Konsequenzen für Entsorgungskonzepte aufzuzeigen. Nach ersten, orientierenden Messungen wird das Meß- und Auswerteverfahren z.Z. verfeinert.

Zu 1:

- 1) D. Gorenflo, P. Blein, G. Herres, W. Rott, H. Schömann, P. Sokol: Heat Transfer at Pool Boiling of Mixtures with R22 and R114. *Int. J. Refrig.* **11** (1988) 257-263

- 2) D. Gorenflo, P. Sokol: Prediction Method of Pool Boiling Heat Transfer with Cryogenic Liquids, *Int. J. Refrig.* **11** (1988) 315-320
- 3) P. Sokol, H. Brand, W. Fuest, A. Reimann, Th. Wolke, P. Blein, D. Gorenflo: Apparatus for Pool Boiling Heat Transfer Measurements and First Results with Hexane and a 3.5" O.D. Steel Tube, 8th Eurotherm Seminar "Advances in Pool Boiling Heat Transfer", Paderborn (1989) 18-27
- 4) D. Gorenflo, P. Blein, W. Rott, H. Schömann, P. Sokol: Pool Boiling Heat Transfer from a GEWA-TX finned tube to Propane and Propylene, 8th Eurotherm Seminar "Advances in Pool Boiling Heat Transfer", Paderborn (1989) 116-125
- 5) D. Gorenflo, P. Sokol, S. Caplanis: Pool Boiling Heat Transfer from Single Plain Tubes to Various Hydrocarbons, *Int. J. Refrig.* **13** (1990) 286-292
- 6) D. Gorenflo, H. Schömann, P. Sokol: Zum Einfluß des Rohrdurchmessers und der Oberflächenrauigkeit beim Blasensieden an Glatt- und Rippenrohren. *Wärme- und Stoffübertragung* **24** (1990) 265-272
- 7) D. Gorenflo, P. Blein, S. Caplanis, P. Sokol: Pool Boiling Heat Transfer from a GEWA-TX Finned Tube to Low Boiling Hydrocarbons, *Proc. Inst. Int. du Froid, Paris, 1990-4* (im Druck)

Zu 2:

- 8) W. Rott, D. Gorenflo: Apparatur für Phasengleichgewichts- und Dichtemessungen sowie erste Ergebnisse mit R22/R114-Gemischen und mit dem Ersatzstoff R123, *DKV-Tagungsbericht* **16** (1989) 275-296
- 9) G. Herres, D. Gorenflo: Calculation of The Vapour-Liquid Equilibrium of Some Binary Systems of Refrigerants by Various Cubic Equations of State, *Proc. Inst. Int. du Froid, Paris, 1990-1*, 169-176
- 10) D. Gorenflo, K. Stephan, R. Krauss: Thermophysical and Technological Properties of R134a (CH₂F, CF₃) (Example), *Proc. Inst. Int. du Froid, Paris: Le Froid et les CFC, 1990*, 197-226
- 11) W. Rott: Zum Wärmeübergang und Phasengleichgewicht siedender R22/R114 - Kältemittel-Gemische in einem großen Druckbereich, *Diss. Uni.-GH-Paderborn, 1990*

Zu 3:

- 12) H. Schömann, D. Gorenflo: Messungen zum R11-Gehalt in Polyurethan-Isolierschaum, *DKV-Tagungsbericht* **16** (1989) 503-514
- 13) D. Gorenflo, N. Colditz, F.-J. Hesse: Proposal of a New Load Material for Testing Refrigerators and Deep Freezers, *Proc. Inst. Int. du Froid, Paris, 1990-4* (im Druck).