

HOCHSCHULE ZITTAU/GÖRLITZ
(FH) - University of Applied Sciences

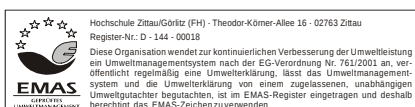
Fachgebiet Technische Thermodynamik
Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar

Fachbereich
MASCHINENWESEN

Fachgebiet
TECHNISCHE THERMODYNAMIK

Forschungsbericht 2005

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
Dr.-Ing. I. Stöcker



Kein Zugang für
elektronisch signierte
sowie für verschlüsselte elektronische
Dokumente

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Theodor-Körner-Allee 16 02763 Zittau
Tel.: 0 35 83/61-18 13
Fax: 0 35 83/61-18 04
Web: www.hs-zigr.de

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar

Fachgebiet: Technische Thermodynamik

Forschungsgebiet: Thermodynamische Stoffdaten für Arbeitsfluide der Energietechnik

Mitarbeiter: Frau Dr.-Ing. I. Stöcker
Dipl.-Ing. (FH) M. Kunick

Externe Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. St. Buchholz

Dipl.-Inf. (FH) Th. Jaeger

Frau Dr.-Ing. K. Knobloch

Dipl.-Ing. (FH) M. Markwardt

Dipl.-Ing. (FH) R. Preusche

Frau BA R. Smith

Dipl.-Ing. (FH) S. Herrmann

Frau Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne

Frau. Dipl.-Ing. K. Kühne

Dipl.-Inf. (FH) T. Mättig

Dipl.-Ing. (FH) B. Salomo

Studentische Hilfskräfte:

Th. Gubsch

Frau N. Kießling

M. Nicke

M. Hempel

S. Mieck

M. Nimtz

Kurzdarstellung der Forschungsarbeit

Die folgenden Forschungsthemen wurden in der Forschungsgruppe Thermodynamische Stoffdaten für Arbeitsfluide der Energietechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar) bearbeitet:

- IAPWS-Projekt: Advisory Note No. 3 Thermodynamic Derivatives from IAPWS Formulations;

Entwicklung eines Verfahrens zur schnellen und flexiblen Stoffwertberechnung mit Spline-Interpolation;

- Entwicklung von Stoffwertprogrammen für Arbeitsfluide der Energietechnik und Bearbeitung von Industrieaufträgen.

1. Publikationen

1.1 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften

Kretzschmar, H.-J.; Cooper, J. R.; Dittmann, A.; Friend, D. G.; Gallagher, J.; Knobloch, K.; Mareš, R.; Miyagawa, K.; Stöcker, I.; Trübenbach, J.; Wagner, W.; Willkommen, Th.: Supplementary Backward Equations for Pressure as a Function of Enthalpy and Entropy $p(h,s)$ to the Industrial Formulation IAPWS-IF97 for Water and Steam. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power* (2005), im Druck

*Kretzschmar, H.-J.; Cooper, J. R.; Dittmann, A.; Friend, D. G.; Gallagher, J.; Harvey, A. H.; Knobloch, K.; Mareš, R.; Miyagawa, K.; Okita, N.; Stöcker, I.; Trübenbach, J.; Wagner, W.; Willkommen, Th., Weber, I.: Supplementary Backward Equations $T(p,h)$, $v(p,h)$, and $T(p,s)$, $v(p,s)$ for the Critical and Supercritical Regions (Region 3) of the Industrial Formulation IAPWS-IF97 for Water and Steam. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power* (2005), eingereicht*

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Kunick, M.: Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen und Transporteigenschaften von Wasserstoff in Prozessmodellierungen. *VDI-Berichte*, Nr. 1974 (2005) S. 325-328

Kretzschmar, H.-J.; Knobloch, K.: Supplementary Backward Equations for the Industrial Formulation IAPWS-IF97 of Water and Steam for Fast Calculations of Heat Cycles, Boilers, and Steam Turbines. In: Nakahara, M. et al., *Water, Steam, and Aqueous Solutions for Electric Power*, Marutzen Co. (2005)

Knobloch, K.; Stoecker, I.; Kretzschmar, H.-J.; Dittmann, A.: Supplementary Backward Equations $v(p,T)$ for the Critical and Supercritical Regions (Region 3) of the Industrial Formulation IAPWS-IF97 for Water and Steam. In: Nakahara, M. et al., *Water, Steam, and Aqueous Solutions for Electric Power*, Marutzen Co. (2005)

Mättig, T.; Jähne, I.; Kretzschmar, H.-J.: Lernsystem Thermopr@ctice zur Berechnung von Übungsaufgaben mit Computer-Algebrasystemen. In: Jantke, P. et al., *Marktplatz Internet: Von e-Learning bis e-Payment*, S. 348-357, Gesellschaft für Informatik, Bonn (2005)

1.2 Proceedings

Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.; Stöcker, I.: Development of a Data Base and Identification/ Development of Suitable Models for the Thermodynamic Properties of Humid Air. In: *Proceedings of the Meeting of AA-CAES Work Package 4*, Lisbon (2005) - www.alstom.com

Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.; Stöcker, I.: Contributions to Task 4.2 - Development of a Data Base and Task 4.3 - Identification/ Development of Suitable Models

for the Thermodynamic Properties of Humid Air. In: Proceedings of the Meeting of AA-CAES Work Package 4, Berlin (2005) - www.alstom.com

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Jähne, I.; Kunick, M.: Stoffwertberechnung für Arbeitsfluide in CO₂ – freien Energieumwandlungsprozessen. In: Proceedings der Ebsilon-Anwendertagung, Bensheim (2005) - www.sofbid.com

1.3 Vorträge

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Knobloch, K.; Wagner, W.: Proposal for an Advisory Note for Calculating Thermodynamic Derivatives for Water and Steam from the IAPWS Formulations. Annual Meeting of IAPWS, Santorini (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Stoecker, I.; Weidner, M.; Ulbig, P.; Span, R.; Vogel E.: Properties of Humid Air - Progress Report of the EU Project Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage AA-CAES. Annual Meeting of IAPWS, Santorini (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Kunick, M.: Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen und Transporteigenschaften von Wasserstoff in Prozessmodellierungen. 5. Fachtagung Brennstoffzelle, Hamburg (2005)

Knobloch, K.; Kretzschmar, H.-J.; Wagner, W.; Dittmann, A.: Ergänzende Gleichungen für Umkehrfunktionen zur Industrie-Formulation IAPWS-IF97 von Wasser und Wasserdampf für energietechnische Prozessberechnungen. VDI Thermodynamik-Kolloquium, Frankfurt/Main (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Jähne, I.; Kunick, M.: Stoffwertberechnung für Arbeitsfluide in CO₂-freien Energieumwandlungsprozessen. Ebsilon-Anwendertagung der Fa. Sofbid, Bensheim (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Jähne, I.; Kunick, M.: Stoffwert-Bibliotheken für Arbeitsfluide der Energie- und Kältetechnik. Ebsilon-Anwendertagung der Fa. Sofbid, Bensheim (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Jähne, I.; Seibt, D.: Berechnung der thermodynamischen und Transporteigenschaften von feuchten Verbrennungsgasen und feuchter Luft in fortschrittlichen Gas- und Entspannungsturbinen. VGB-Fachtagung Gasturbinen und Gasturbinenbetrieb, Dresden (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.; Stöcker, I.: Development of a Data Base and Identification/Development of Suitable Models for the Thermodynamic Properties of Humid Air. Meeting of AA-CAES Work Package 4, Lisbon (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.; Stöcker, I.: Contributions to Task 4.3 Identification/Development of Suitable Models for the Thermodynamic Properties of Humid Air. Meeting of AA-CAES Work Package 4, Berlin (2005)

Mättig, T.; Jähne, I.; Kretzschmar, H.-J.: Lernsystem Thermopr@ctice zur Berechnung von Übungsaufgaben mit Computer-Algebrasystemen. 13. Leipziger Informatik-Tage, LIT 2005, Leipzig (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Jähne, I.; Mättig, T.; Stöcker, I.: eLearning-System Thermopr@ctice - Internetgestütztes Berechnen von Übungsaufgaben. Kolloquium am Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Universität Rostock (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Jähne, I.; Mättig, T.; Stöcker, I.; Weidner, M.: E-Learning System Thermopr@ctice - Interaktives Berechnen von Übungsaufgaben. Kolloquium Lernsysteme und Lernmanagementsysteme, Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Görlitz (2005)

1.4 Fachbücher, Monographien

Kretzschmar, H.-J.: Mollier h - s Diagram and T - s Diagram for Water and Steam. Springer-Verlag (2005)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.: Mollier h , s -Diagram for Water and Steam. Beilage in: Zahoransky, A., Energietechnik. Vieweg Verlag (2005)

2. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Die Forschungsarbeiten am Fachgebiet Technische Thermodynamik sind Bestandteil des Forschungsschwerpunkts "Kraftwerkschemie und Stoffdaten" innerhalb der Hauptforschungsrichtung "Energie" der Hochschule Zittau/Görlitz (FH) und gehören zur Forschungsprofilinie "Energie und Umwelt".

Sie beinhalteten im Jahr 2005 folgende Schwerpunkte:

- IAPWS-Projekt: Entwicklung von Zustandsgleichungen für thermodynamische Umkehrfunktionen von Wasser und Wasserdampf,
- EU-Projekt: "Advanced Adiabatic Compressed Energy Storage" (AA-CAES),
- Entwicklung von Stoffwertprogrammen für Arbeitsfluide der Energietechnik und Bearbeitung von Industrienaufträgen,
- Internetgestützte eLearning-Systeme "Thermopr@ctice" und "ThermoLecture" im Bildungsportal Sachsen.

Als wesentliches Ergebnis der Forschungsarbeiten wurde im Jahr 2005 ein am Fachgebiet Technische Thermodynamik der Hochschule Zittau entwickelter Gleichungssatz als:

"Supplementary Release on Backward Equations for Specific Volume as a Function of Pressure and Temperature $v(p,T)$ for Region 3 of the IAPWS

Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam"

durch die IAPWS zum internationalen Industrie-Standard erhoben.

Im EU-Projekt "Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage (AA-CAES)" wurde die Teilaufgabe "Thermophysical Properties of Humid Air" bearbeitet.

Im Rahmen von Auftrags- und Kooperationsarbeiten mit der Industrie wurden weitere Programmbibliotheken zur Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen und Transporteigenschaften von Arbeitsfluiden der Energietechnik erstellt. Insgesamt wurden 28 Aufträge von Partnern aus der Industrie im Jahr 2005 bearbeitet.

Innerhalb des Projekts "Bildungsportal Sachsen" wurde das internetgestützte Übungssystem "Thermopr@ctice" weiterentwickelt und das komplexe Lernsystem "ThermoLecture" für die Lehrveranstaltung Technische Thermodynamik konzipiert.

Projekt 1:	<i>IAPWS-Projekt: Entwicklung von Zustandsgleichungen für thermodynamische Umkehrfunktionen von Wasser und Wasserdampf</i>
	- Entwicklung von ergänzenden Zustandsgleichungen für thermodynamische Umkehrfunktionen von Wasser und Wasserdampf im kritischen und überkritischen Gebiet als Ergänzung zum Industrie-Standard IAPWS-IF97
	- Vorbereitung von Dokumenten zur Verabschiedung als internationale Industrie-Standards durch die IAPWS
<i>Projektleiter:</i>	<i>Herr Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar</i>
<i>Mitarbeiterinnen:</i>	Frau Dipl.-Ing. (FH) K. Knobloch, externe Promotionsstipendiatin Frau Dr.-Ing. I. Stöcker 1 stud. Hilfskraft
<i>Drittmittelgeber:</i>	Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (HWP-Programm - 2003)
<i>Kooperationspartner:</i>	International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) TU Dresden, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Prof. Dittmann
<i>Laufzeit:</i>	01/2001 - 12/2006
<u>Bearbeitungsstand/Ergebnisse:</u> Der am Fachgebiet Technische Thermodynamik entwickelte Gleichungssatz für die Berechnung der Funktion $v(p, T)$ für Wasser im kritischen und überkritischen Gebiet wurde im Jahr 2005 durch die IAPWS als ergänzender Standard zur IAPWS-IF97 angenommen.	

Projekt 2:	<i>EU-Projekt: "Advanced Adiabatic Compressed Energy Storage" (AA-CAES)</i>
	- Am Fachgebiet Technische Thermodynamik wird innerhalb des EU-Projekts "Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage (AA-

	CAES)" die Teilaufgabe "Thermophysical Properties of Humid Air" bearbeitet.
	- Aufgebaut wird eine Datenbank zur Sammlung aller verfügbaren Stoffwerte von feuchter Luft aus der Literatur.
	- Ausgehend von den im Rahmen des Projekts gemessenen Präzisionsdaten werden vorliegende Berechnungsmodelle evaluiert und die Entwicklung hochgenauer Stoffwertberechnungsalgorithmen für feuchte Luft vorbereitet.
<i>Projektleiter:</i>	<i>Herr Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar</i>
<i>Mitarbeiter:</i>	<i>Frau Dipl.-Ing. (FH) M. Weidner Dipl.-Ing. (FH) D. Seibt, externer Mitarbeiter 3 stud. Hilfskräfte</i>
<i>Drittmittelgeber:</i>	<i>Europäische Union (Programm ENK 6)</i>
<i>Kooperationspartner:</i>	<i>Alstom Power, Rugby, Großbritannien Physikalisch Technische Bundesanstalt, Braunschweig Universität Paderborn, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Prof. Span Universität Rostock, Lehrstuhl für Physikalische Chemie, Prof. Vogel</i>
<i>Laufzeit:</i>	<i>10/2003 -12/2006</i>
<i>Projektmittel gesamt:</i>	<i>88.700,- €</i>
<u><i>Bearbeitungsstand/Ergebnisse:</i></u> Die Datenbank mit experimentellen Stoffdaten von feuchter Luft wurde erweitert. Die Vergleichsrechnungen verschiedener Algorithmen für die Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen von feuchter Luft wurden durchgeführt.	

Projekt 3:	<i>Entwicklung von Stoffwertprogrammen für Arbeitsfluide der Energietechnik und Bearbeitung von Industriedaufträgen</i>	
	- Entwicklung von Stoffwert-Programmbibliotheken für Arbeitsfluide der Energietechnik	
	- Bearbeitung von Problemen der Bereitstellung thermodynamischer Stoffwerte im Auftrag von Unternehmen	
<i>Projektleiter:</i>	<i>Herr Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar</i>	
<i>Mitarbeiter:</i>	Frau Dr.-Ing. I. Stöcker, Frau Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne Dipl.-Inf. St. Buchholz, externer Mitarbeiter Dipl.-Ing. (FH) R. Krause, externer Mitarbeiter Dipl.-Ing. (FH) M. Kunick, externer Mitarbeiter Dipl.-Ing. (FH) D. Seibt, externer Mitarbeiter 7 stud. Hilfskräfte	
<i>Drittmittelgeber:</i>	EV Halle (Unternehmenslizenz)	Stadtwerke Leipzig

	Vattenfall (Konzernlizenz) KEMA-IEV Dresden Dumas Verfahrenstechnik Hofheim JHK Bremerhaven Saarenergie Saarbrücken Koch Transporttechnik Wadgassen Forschungszentrum Rossendorf eta Energieberatung Pfaffenhofen TU Cottbus weitere 8 Aufträge	Redacom Nidau, Schweiz ETL Leipzig Grenzebach Bad Hersfeld Alensys Berlin BTC Systemtechnik Berlin TÜV Nord Fichtner Consulting & IT, Stuttgart Electrowatt-Ekono Zürich, Schweiz TU Freiberg
<i>Laufzeit:</i>	unbefristet	
<i>Projektmitt 2005:</i>	49.500,- €	
<u>Bearbeitungsstand/Ergebnisse:</u> Insgesamt wurden 28 Aufträge von Unternehmen im Jahr 2005 bearbeitet. Die folgenden Unterprogrammbibliotheken zur Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen und Transporteigenschaften wurden fertig gestellt: LibAmWa für das Absorptionskältemittelgemisch Ammoniak-Wasser LibWaLi für das Absorptionskältemittelgemisch Wasser-Lithiumbromid LibPropan für Propan LibButan_Iso und LibButan_n für Iso-Butan und n-Butan LibHe für Helium.		

Projekt 4:	<i>Internetgestützte eLearning-Systeme "Thermopr@ctice" und "ThermoLecture" im Bildungsportal Sachsen</i>
	- Weiterentwicklung des internetgestützten Übungssystems Thermopr@ctice zum interaktiven Berechnen von Übungsaufgaben
	- Entwicklung des komplexen Lernsystems ThermoLecture für das Fach Technische Thermodynamik für Fernstudien und für die Weiterbildung
<i>Projektleiter:</i>	<i>Herr Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar</i>
<i>Mitarbeiter:</i>	<i>Frau Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne</i> <i>Frau Dr.-Ing. I. Stöcker</i> <i>Frau Dipl.-Ing. (FH) M. Weidner</i> <i>Herr Dipl.-Inf. (FH) T. Mättig, externer Mitarbeiter</i> <i>8 Stud. Hilfskräfte</i>
<i>Drittmittelgeber:</i>	<i>Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst</i>

	(HWP-Programm)
<i>Kooperationspartner:</i>	<i>Media Design Center Dresden Bildungsportal Sachsen GmbH</i>
<i>Laufzeit:</i>	07/2001 - 07/2005
<i>Projektmittel 2005:</i>	7.900,- €
<u>Bearbeitungsstand/Ergebnisse:</u> Das internetgestützte Übungssystem Thermopr@ctice wurde weiterentwickelt. Die nachhaltige Nutzung von Thermopr@ctice konnte durch die Integration in die Lehrveranstaltungen Technische Thermodynamik I und II sowie Kälte- und Wärmepumpentechnik für mehrere Studiengänge gesichert werden. Die Erarbeitung des Konzeptes für das komplexe Lernsystem Thermoelecture für das Fach Technische Thermodynamik wurde weitergeführt.	

3. Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studenten

Thema 1:	<i>Berechnung der thermodynamischen Stoffeigenschaften von Ammoniak-Wasser-Gemischen, Wasser und Wasserdampf sowie Helium in energietechnischen Prozessmodellierungen</i>
<i>Bearbeiter:</i>	Herr M. Kunick, MM 01
<i>Betreuer:</i>	Dipl.-Ing. J. Eppendorfer, Siemens AG, Power Generation, Görlitz Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
<i>Auftraggeber:</i>	Siemens AG, Power Generation, Görlitz

Thema 2:	<i>Berechnung der thermodynamischen Stoffeigenschaften von binären Stoffgemischen in Absorptions- und Desorptionsprozessen der Kältetechnik</i>
<i>Bearbeiter:</i>	Herr St. Hasch, MV 00
<i>Betreuer:</i>	Herr Dr.-Ing. D. Vollmer, ILK Dresden Herr Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
<i>Auftraggeber:</i>	ILK Dresden

Thema 3:	<i>Berechnung der thermodynamischen Stoffeigenschaften von Propan, Iso-Butan und n-Butan in energietechnischen Prozessmodellierungen</i>
<i>Bearbeiter:</i>	Herr R. Krause, MM 01
<i>Betreuer:</i>	Herr Dr.-Ing. D. Vollmer, ILK Dresden Herr Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
<i>Auftraggeber:</i>	ILK Dresden

Thema 4:	<i>Ermittlung der thermodynamischen Eigenschaften von feuchter Luft für die Berechnung von fortschrittlichen Druckluftspeicher-systemen</i>
<i>Bearbeiter:</i>	Herr D. Gruszczynski, ME 01
<i>Betreuer:</i>	Herr Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
<i>Auftraggeber:</i>	EU-Projekt AA-CAES

4. Verantwortliche Mitwirkung in Gremien

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar wurde zum Vorsitzenden der Working Group "Thermophysical Properties of Water and Steam" der "International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS)" gewählt. Des Weiteren war er Chairman der IAPWS-Task Group "Supplementary Equations for the Industrial Formulation IAPWS-IF97".

5. Betreuung von Promovenden

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar betreute das kooperative Promotionsverfahren von Frau Dipl.-Ing. (FH) K. Knobloch an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden. Der Betreuer seitens der TU Dresden war Herr Prof. Dr.-Ing. habil. A. Dittmann, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik. Frau Knobloch reichte im Jahr 2005 ihre Dissertation mit dem Thema "Gleichungen für thermodynamische Umkehrfunktionen von Wasser und Wasserdampf im kritischen und überkritischen Zustandsgebiet für energietechnische Prozessberechnungen" der Fakultät für Maschinenwesen ein. Die Verteidigung wird am 12.01.2006 stattfinden.