



# Jahresforschungsbericht 2004

Fachgebiet Technische Thermodynamik

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

Forschungsgebiet

## Thermodynamische Stoffdaten für Arbeitsfluide der Energietechnik

### Mitarbeiter

Frau Dr.-Ing. I. Stöcker

Frau Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne

Frau Dipl.-Ing. (FH) M. Weidner

### Externe Mitarbeiter

Frau Dipl.-Ing. (FH) A. Bläser

Dipl.-Inf. St. Buchholz

Frau Dipl.-Ing. (FH) K. Knobloch

Dipl.-Inf. (FH) T. Mättig

Dipl.-Ing. (FH) D. Seibt

### Studentische Hilfskräfte

M. Bisch

S. Herrmann

R. Krause

P. Kunze

M. Pawlik

J. Zeng

St. Hasch

Frau N. Kießling

M. Kunick

Frau S. Norosinski

B. Salomo

# 1 Kurzdarstellung der Forschungsarbeiten

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 2004 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 Industrieaufträgen
- Projekte "Thermopr@ctice" und "ThermoLecture" im Bildungsportal Sachsen.

Als wesentliches Ergebnis der Forschungsarbeiten wurden im Jahr 2004 die am Fachgebiet Technische Thermodynamik der Hochschule Zittau entwickelten Gleichungssätze als:

"Revised Supplementary Release on Backward Equations for the Functions  $T(p,h)$ ,  $v(p,h)$  and  $T(p,s)$ ,  $v(p,s)$  for Region 3 of the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam"

und

"Supplementary Release on Backward Equations  $p(h,s)$  for Region 3, Equations as a Function of  $h$  and  $s$  for the Region Boundaries, and an Equation  $T_{\text{sat}}(h,s)$  for Region 4 of the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam"

durch die IAPWS zu internationalen Industrie-Standards erhoben.

Des Weiteren wurde der Gleichungssatz für die Berechnung der Umkehrfunktion  $v(p,T)$  von Wasser im kritischen und überkritischen Zustand der IAPWS zur Annahme als Industrie-Standard eingereicht. Hierfür wurde das Dokument:

"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"

erarbeitet.

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 27 Aufträge von Partnern aus der Industrie im Jahr 2004 bearbeitet.

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

## 2 Forschungs- und Entwicklungsprojekte

### **Projekt 1:**

#### **IAPWS-Projekt: Entwicklung von Zustandsgleichungen für thermodynamische Umkehrfunktionen von Wasser und Wasserdampf**

##### **Inhalt:**

- 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

##### **Projektleiter:**

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

##### **Mitarbeiterin:**

Frau Dipl.-Ing. (FH) K. Knobloch, externe Promotionsstipendiatin  
Frau Dr.-Ing. I. Stöcker

##### **Drittmittelgeber:**

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst  
(HWP-Programm - bis 2003)

##### **Kooperationspartner:**

International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS)  
TU Dresden, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Prof. Dittmann

##### **Laufzeit:**

01/2001 bis 12/2006

##### **Bearbeitungsstand/Ergebnisse:**

- Der am Fachgebiet Technische Thermodynamik entwickelte Gleichungssatz für die Berechnung der Funktionen  $T(p,h)$ ,  $v(p,h)$ ,  $T(p,s)$  und  $v(p,s)$  für Wasser im kritischen und überkritischen Gebiet wurde im Jahr 2004 durch die IAPWS als ergänzender Standard zur IAPWS-IF97 angenommen.
- Als weiterer ergänzender Standard wurde der Gleichungssatz für die Berechnung der Funktion  $p(h,s)$  für Wasser im kritischen und überkritischen Gebiet durch die IAPWS ebenfalls als ergänzender Standard im Jahr 2004 erhoben.
- Der Gleichungssatz für die Berechnung der Funktion  $v(p,T)$  für Wasser im kritischen und überkritischen Gebiet wurde 2004 der IAPWS vorgelegt. Nach der Evaluierung ist vorgesehen, den Gleichungssatz im Jahr 2005 als weiteren ergänzenden Standard zur IAPWS-IF97 zu verabschieden.

**Projekt 2:****EU-Projekt: "Advanced Adiabatic Compressed Energy Storage" (AA-CAES)****Inhalt:**

- 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.

**Projektleiter:**

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

**Mitarbeiter:**

Frau Dipl.-Ing. (FH) M. Weidner  
Dipl.-Ing. (FH) D. Seibt, externer Mitarbeiter  
1 stud. Hilfskraft

**Drittmittelgeber:**

Europäische Union (Programm ENK 6)

**Kooperationspartner:**

Alstom Power, Rugby, Großbritannien  
Physikalisch Technische Bundesanstalt, Braunschweig  
Universität Paderborn, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Prof. Span  
Universität Rostock, Lehrstuhl für Physikalische Chemie, Prof. Vogel

**Laufzeit:**

10/2003 bis 12/2005

**Projektmittel für die gesamte Laufzeit:**

88.700 EUR

**Projektmittel 2004:**

36.900 EUR

**Bearbeitungsstand/Ergebnisse:**

- Die Datenbank mit experimentellen Stoffdaten von feuchter Luft wurde erstellt.
- Abgeschlossen wurde die Sichtung der Literatur mit experimentellen Daten für die thermodynamischen Eigenschaften von feuchter Luft.
- Die Vergleichsrechnungen verschiedener Algorithmen für die Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen von feuchter Luft wurden vorbereitet.

**Projekt 3:****Entwicklung von Stoffwertprogrammen für Arbeitsfluide der Energietechnik und Bearbeitung von Industrieaufträgen****Inhalt:**

- Entwicklung von Stoffwert-Programmbibliotheken für Arbeitsfluide der Energietechnik
- Bearbeitung von Problemen der Bereitstellung thermodynamischer Stoffwerte im Auftrag von Unternehmen

**Projektleiter:**

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

**Mitarbeiter:**

Frau Dr.-Ing. I. Stöcker, Frau Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne  
 Frau Dipl.-Ing. (FH) A. Bläser, externe Mitarbeiterin  
 Dipl.-Ing. (FH) D. Seibt, externer Mitarbeiter, 5 stud. Hilfskräfte

**Drittmittelgeber:**

Vattenfall Europe (Konzernlizenz)	Siemens AG, Power Generation, Erlangen
EnBW Energy Solutions, Stuttgart	HEW-Kraftwerk, Tiefsack
Fichtner Consulting & IT, Stuttgart	TÜV Nord, Hamburg
SOFBID, Zwingenberg	Rietschle Energieplaner, Winterthur
h s energieanlagen, Freising	Visteon, Kerpen
Mainova AG, Frankfurt	MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen
TÜV Nord Ensys, Hannover	Enertech EUT Radebeul
PTB Braunschweig	MAN Turbomaschinen, Oberhausen
TÜV Süd, Dresden	STEAG, Kraftwerk Herne
energeticals (e-concept) München	STORA ENSO Sachsen, Eilenburg
TU Cottbus	weitere 6 Aufträge

**Kooperationspartner:**

TU Dresden, Lehrstuhl für Thermodynamik, Prof. Dittmann

**Laufzeit:**

unbefristet

**Projektmittel 2004:**

27.000 EUR

**Bearbeitungsstand/Ergebnisse:**

- Insgesamt wurden 27 Aufträge von Unternehmen im Jahr 2004 bearbeitet.
- Die Unterprogrammbibliotheken LibR134a und LibH2 zur Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen und Transporteigenschaften von R134a und Wasserstoff wurden fertig gestellt.
- Die Erarbeitung der Stoffwert-Programmbibliotheken für die Kältemittelgemische Ammoniak-Wasser und Wasser-Lithiumbromid wurde begonnen.

**Projekt 4:****Internetgestütztes Übungssystem "Thermopr@ctice" und komplexes Lernsystem "ThermoLecture" im Bildungsportal Sachsen****Inhalt:**

- 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

**Projektleiter:**

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

**Mitarbeiter:**

Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne  
 Dipl.-Inf. (FH) T. Mättig, externer Mitarbeiter  
 6 Stud. Hilfskräfte

**Drittmittelgeber:**

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (HWP-Programm)

**Kooperationspartner:**

TU Dresden, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Prof. Dittmann  
 Media Design Center Dresden  
 Bildungsportal Sachsen GmbH

**Laufzeit:**

07/2001 bis 07/2005

**Projektmittel 2004:**

12.550 EUR

**Bearbeitungsstand/Ergebnisse:**

- Das internetgestützte Übungssystem Thermopr@ctice wurde weiterentwickelt.
- Es erfolgte die Übertragung von Thermopr@ctice auf das Lehrfach Kälte- und Wärmepumpentechnik.
- Die nachhaltige Nutzung von Thermopr@ctice konnte durch die Integration in die Lehrveranstaltungen Technische Thermodynamik I und II für mehrere Studiengänge gesichert werden.
- Das Konzept für das komplexe Lernsystem Thermolecture für das Fach Technische Thermodynamik wurde erarbeitet.

## 3 Ausgewählte Abschlussarbeiten der Studierenden

### **Thema 1:**

Algorithmen für die thermodynamischen Zustandsgrößen und Transporteigenschaften von Wasser und Wasserdampf zur Berechnung von fortschrittlichen Energieumwandlungsverfahren.

#### **Bearbeiterin:**

M. Weidner, ME 99

#### **Betreuer:**

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar, Dipl.-Ing. (FH) K. Knobloch

#### **Auftraggeber:**

IAPWS-Projekt

### **Thema 2:**

Berechnung der thermodynamischen Stoffeigenschaften von Gasgemischen in energietechnischen Prozessmodellierungen.

#### **Bearbeiter:**

B. Nowak, ME 00

#### **Betreuer:**

Dr.-Ing. K. Brinkmann, Sofbid GmbH, Zwingenberg  
Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar

#### **Auftraggeber:**

Sofbid GmbH, Zwingenberg

### **Thema 3:**

Berechnung der thermodynamischen Stoffeigenschaften von binären Stoffgemischen in Absorptions- und Desorptionsprozessen der Kältetechnik.

#### **Bearbeiterin:**

St. Hasch, MV 00

#### **Betreuer:**

Dr.-Ing. D. Vollmer, ILK Dresden  
Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar

#### **Auftraggeber:**

ILK Dresden

## 4 Verantwortliche Mitwirkung in Gremien

Im Rahmen der Forschung erfolgt eine aktive und verantwortliche Mitwirkung in der International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS):

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

- Chairman der IAPWS-Task Group "Supplementary Equations for the Industrial Formulation IAPWS-IF97" und
- Vice Chairman der IAPWS-Working Group "Thermophysical Properties of Water and Steam".

## 5 Betreuung von Promovenden

Herr 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 ist Herr Prof. Dr.-Ing. habil. A. Dittmann, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik. Frau Knobloch konnte die Arbeiten im Jahr 2004 abschließen, sodass die Promotionsprüfung im kommenden Jahr erfolgen kann.

## 7 Publikationen

### 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 - 2004 angenommen

### Veröffentlichungen in Proceedings

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: Proceedings of the 14th International Conference on the Properties of Water and Steam (14th ICPWS), Kyoto (2004)

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: Proceedings of the 14th International Conference on the Properties of Water and Steam (14th ICPWS), Kyoto (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.: 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, Düsseldorf (2004)



Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.: 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, Wien (2004)

## Vorträge

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. 14th International Conference on the Properties of Water and Steam (14th ICPWS), Kyoto (2004)

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. 14th International Conference on the Properties of Water and Steam (14th ICPWS), Kyoto (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Stoecker, I.; Knobloch, K.; Jaehne, I.; Dittmann, A.; Klinger, J.: Electronic Steam Tables and Property Libraries for Calculating Heat Cycles, Boilers, and Turbines. 14th International Conference on the Properties of Water and Steam (14th ICPWS), Kyoto (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Jähne, I.; Mättig, T.; Stöcker, I.; Weidner, M.: Lernsystem Thermopr@ctice - Interaktives Berechnen von Übungsaufgaben. VDI Thermodynamik-Kolloquium, Wittenberg (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Stoecker, I.; Knobloch, K.; Jähne, I.: Electronic Steam Tables and Property Libraries for Calculating Heat Cycles, Boilers, and Turbines. Workshop Science@EuroRegionNeisse, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.: 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, Düsseldorf (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Weidner, M.: 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. Meeting of AA-CAES Work Package 4, Wien (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Stoecker, I.; Knobloch, K.; Jähne, I.: Stoffwert-Programmbibliotheken für Arbeitsfluide der Energietechnik. Epsilon-Anwendertagung, Sofbid GmbH, Bensheim (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Jähne, I.; Stöcker, I.; Weidner, M.: Lernsystem Thermopr@ctice - Interaktives Berechnen von Übungsaufgaben. 2. Tag der Sächsischen Hochschuldidaktik, Meißen (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Jähne, I.; Stöcker, I.; Weidner, M.: Lernsystem Thermopr@ctice - Interaktives Berechnen von Übungsaufgaben. Tag der Lehre, Hochschule Zittau/Görlitz (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Jähne, I.; Mättig, T.; Stöcker, I.; Weidner, M.: E-Learning System Thermopr@ctice - Interactive Calculation of Exercises. Joint Workshop "e-learning", Zittau/Goerlitz University of Applied Sciences (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Stoecker, I.; Knobloch, K.; Jähne, I.: Stoffwert-Programmbibliotheken für Arbeitsfluide der Energietechnik. Tag der Forschung an der Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Zittau (2004)

## **Fachbücher, Monographien**

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.: Mollier  $h,s$ -Diagramm von Wasserdampf. Beilage in: Langeheinecke, K.: Thermodynamik für Ingenieure (5. Auflage), Vieweg Verlag Wiesbaden (2004), ISBN 3-528-44785-0

## **Forschungsberichte**

Kretzschmar, H.-J.; Knobloch, K.; Stöcker, I.; Dittmann, A.: Revised Supplementary Release on Backward Equations for the Functions  $T(p,h)$ ,  $v(p,h)$  and  $T(p,s)$ ,  $v(p,s)$  for Region 3 of the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam. Release for IAPWS, Zittau/Goerlitz University of Applied Sciences, Department of Technical Thermodynamics, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Knobloch, K.; Stöcker, I.; Dittmann, A.: Supplementary Release on Backward Equations  $p(h,s)$  for Region 3, Equations as a Function of  $h$  and  $s$  for the Region Boundaries, and an Equation  $T_{sat}(h,s)$  for Wet Steam of the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam. Release for IAPWS, Zittau/Goerlitz University of Applied Sciences, Department of Technical Thermodynamics, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Knobloch, K.; Stöcker, I.; Dittmann, A.: 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. Zittau/Goerlitz University of Applied Sciences, Department of Technical Thermodynamics, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J.: Research Activities on the Thermodynamic Properties of Water and Steam. Jahresarbeitsbericht 2004 an das deutsche Nationalkomitee der IAPWS, Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Bläser, A.: Stoffwert-Programmbibliothek für Ammoniak, FluidEXL mit LibR134a. Programmdokumentation, Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Kunick, M.: Stoffwert-Programmbibliothek für Wasserstoff, FluidEXL mit LibH2. Programmdokumentation, Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Nowak, B.: Stoffwert-Programmbibliothek für ideale Gase und Gasgemische: FluidEXL mit LibIdGasMix. Programmdokumentation, Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J., Stöcker, I., Herrmann, S.: FluidTI83 - Stoffwert-Bibliothek für Wasser und Wasserdampf nach IAPWS-IF97. Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J., Stöcker, I., Herrmann, S.: FluidTI83 - Property Library for Water and Steam. Zittau/Görlitz University of Applied Sciences Hochschule, Department of Technical Thermodynamics, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J., Stöcker, I., Herrmann, S.: FluidTI84 - Stoffwert-Bibliothek für Wasser und Wasserdampf nach IAPWS-IF97. Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J., Stöcker, I., Jähne, I., Knobloch, K.: FluidMAT - Stoffwert-Programme für Mathcad, Version für Studierende. Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

Kretzschmar, H.-J., Jähne, I.: Lernsystem Thermopr@ctice - Interaktives Berechnen von Übungsaufgaben. Abschlussbericht, Hochschule Zittau/Görlitz (FH), Fachgebiet Technische Thermodynamik, Zittau (2004)

*Zittau, 26.01.2005*

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