



**Hans-Joachim Kretzschmar**

Hochschule Zittau/Görlitz, Fachgebiet Technische Thermodynamik

**Wolfgang Wagner**

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Thermodynamik

**Aktuelle Standards und Projekte der IAPWS zu den Eigenschaften  
von Wasser und Wasserdampf sowie von feuchter Luft und  
weiteren Gemischen mit Wasser**

**Gliederung:** Internationale Organisation IAPWS  
Deutschlands Nationales Komitee der IAPWS  
Struktur der IAPWS  
Internationale IAPWS-Standards  
IAPWS-Projekte  
Software mit IAPWS-Standards für die Industrie  
Attraktivität für Mitarbeit

EBSILON Anwendertagung, Seeheim -Jugenheim 2011

Folie 1

**Internationale Organisation IAPWS**

**International Association for the Properties of Water and Steam**

**Mitgliedsländer:** Deutschland  
Großbritannien und Irland  
Japan  
Kanada  
Russland  
Skandinavien (Dänemark, Schweden, Norwegen, Finnland)  
Tschechische Republik  
USA

**Assoziierte Mitgliedsländer:** Argentinien und Brasilien  
Australien  
Frankreich  
Griechenland  
Italien  
Neuseeland  
Schweiz

**IAPWS** → Nichtprofitorganisation  
Finanzierung des deutschen Mitgliedsbeitrags durch VDI

Folie 2

## Deutsches Nationales Komitee der IAPWS

Unterausschuss im Fachausschuss Thermodynamik der  
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

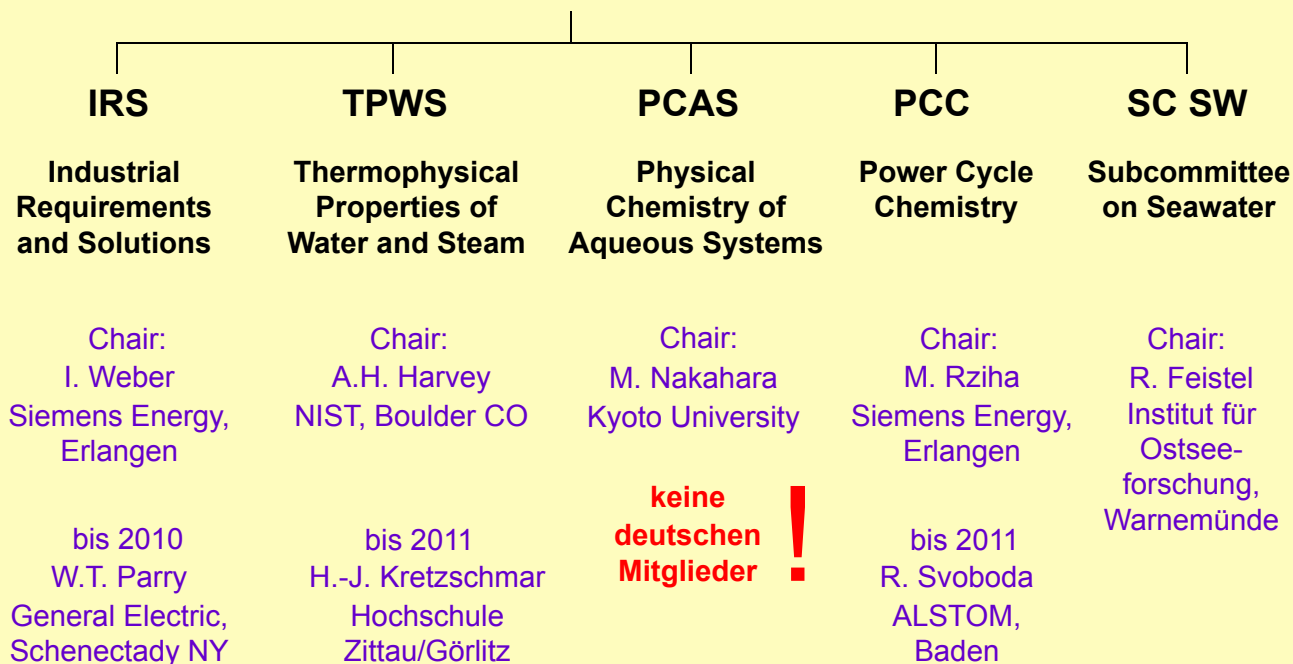
<b>Vorsitzender</b> seit 01.10.2010	Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Kretzschmar Hochschule Zittau/Görlitz
<b>bis 30.09.2010</b>	Dr.-Ing. Bert Rukes Siemens Energy, Erlangen
<b>Stellvertretender Vorsitzender</b>	Prof. em. Dr.-Ing. Wolfgang Wagner Ruhr-Universität Bochum
<b>27 persönliche Mitglieder</b>	8 aus Industrie, u. a. von Siemens, ALSTOM, AREVA 11 aus Universitäten und Hochschulen 8 aus Institutionen, u. a. aus PTB, Leibniz-Instituten

Website: [www.iapws.de](http://www.iapws.de)

Folie 3

## Struktur der IAPWS

### 4 Working Groups und 1 Subcommittee



Folie 4

## Produkte der IAPWS

- Releases - international verbindliche Standards
- Supplementary Releases - ergänzende verbindliche Standards
- Guidelines - Standards, in Verbindlichkeit unter Release
- Advisory Notes - bedeutende Informationen für Anwender
- Technical Guidance Documents - Vorschriften für Messverfahren und Instrumentierung

## Zertifizierung von Forschungsschwerpunkten

- IAPWS Certified Research Needs (ICRNs)



**IAPWS hat auf dem Gebiet  
Eigenschaften von Wasser und Gemischen mit Wasser  
ISO-Status !**

Folie 5

## Internationale IAPWS-Standards

### Wasserdampf, Wasser, Wassereis

- |  | Deutsche Beteiligung                          |
|--|---|
| - Supplementary Release on Saturation Properties (1992)  | Ruhr-Uni. Bochum                              |
| - Release on Surface Tension (1994)  |   |
| - Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties for General and Scientific Use (Revision 2009)                    | Ruhr-Uni. Bochum                              |
| - Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam (Revision 2007)                     | Ruhr-Uni. Bochum,<br>TU Dresden,<br>HS Zittau |
| - Supplementary Releases on Backward Equations IAPWS-IF97-S01, -S03rev, -S04, -S05 (2001, 2003, 2004, 2005)                                | HS Zittau,<br>TU Dresden,<br>Ruhr-Uni. Bochum |
| - Release on the Static Dielectric Constant (1997)   |   |
| - Release on the Refractive Index (1997)   | TU München                                    |
| - Guideline on the Tabular Taylor Series Expansion (TTSE) Method for Calculation of Thermodynamic Properties of Water and Steam (2003)     |   |
| - Advisory Note No. 1: Uncertainties in Enthalpy for the IAPWS Formulation IAPWS-95 and the IAPWS Industrial Formulation IAPWS-IF97 (2003) | Ruhr-Uni. Bochum                              |
| - Advisory Note No. 2: Role of Various IAPWS Documents Concerning the Thermodynamic Properties of Water (2004)                             |   |

Folie 6

## Internationale IAPWS-Standards

### Wasserdampf, Wasser, Wassereis

- Release on the Equation of State 2006 for H<sub>2</sub>O Ice Ih (Revision 2009)
- Release on the Ionization Constant of H<sub>2</sub>O (2007)
- Advisory Note No. 3 on Thermodynamic Derivatives from IAPWS Formulations (Revision 2008)
- Release on the IAPWS Formulation 2008 for the Viscosity (2008)
- Supplementary Release on Properties of Liquid Water at 0.1 MPa (Revision 2011)
- Release on the Pressure along the Melting and Sublimation Curves (Revision 2011)
- Release on the IAPWS Formulation 2011 for the Thermal Conductivity (2011)

### Deutsche Beteiligung

LIOF Warnemünde  
Ruhr-Uni. Bochum

HS Zittau,  
Ruhr-Uni. Bochum

Uni. Rostock

Ruhr-Uni. Bochum,  
LIOF Warnemünde

Uni. Rostock

### Schweres Wasser D<sub>2</sub>O

- Release on Surface Tension of Heavy Water (1994)
- Release on the IAPS Formulation 1984 for the Thermodynamic Properties of Heavy Water (Revision 2005)
- Release on Viscosity and Thermal Conductivity of Heavy Water (Revision 2007)

Folie 7

## Internationale IAPWS-Standards

### Meerwasser

- Release on the IAPWS Formulation 2008 for the Thermodynamic Properties of Seawater (2008)
- Supplementary Release on a Thermodynamic Formulation for Liquid Water for Oceanographic Use (2009)

### Deutsche Beteiligung

LIOF Warnemünde

### Gemische mit Wasser

- Guideline on the Electrolytic Conductivity (Specific Conductance) of Liquid and Dense Supercritical Water (1990)
- Guideline on the Solubility of Sodium Sulfate in Aqueous Mixtures of Sodium Chloride and Sulfuric Acid from Water to Concentrated Solutions (1994)
- Guideline on the Critical Locus of Aqueous Solutions of Sodium Chloride (2000)
- Guideline on the IAPWS Formulation 2001 for the Thermodynamic Properties of Ammonia-Water Mixtures (2001)
- Guideline on the Henry's Constant and Vapor-Liquid Distribution Constant for Gases in H<sub>2</sub>O and D<sub>2</sub>O (2004)
- Guideline on an Equation of State for Humid Air in Contact with Seawater and Ice (2010)

Uni. Hannover

LIOF Warnemünde,  
HS Zittau,  
Ruhr-Uni. Bochum

Folie 8

## Internationale IAPWS-Standards

### Wasser- bzw. Kraftwerkschemie

- Technical Guidance Document on Measurement of Carryover of Boiler Water and Steam (2008)
- Technical Guidance Document on Instrumentation for Monitoring and Control of Cycle Chemistry (2009)
- Technical Guidance Document on Volatile Treatments for Steam-Water Circuits (2010)
- Technical Guidance Document on Alkaline Treatments for Drum Boiler Plants (2011)

Siemens Erlangen  
ALSTOM Mannheim

**Alle Dokumente sind als PDF-Dateien auf der IAPWS-Website [www.iapws.org](http://www.iapws.org) verfügbar !**

Folie 9

## IAPWS Certified Research Needs (ICRNs)

- 13 Surface Tension of Aqueous Solutions (1998)
- 16 Thermophysical Properties of Seawater (2007)
- 19 Improved Coolant Sampling and Analysis of Low Concentration Metals: Fe, Cu, Co, etc. (2006)
- 20 Sensors for Use at Elevated Temperature in the Plant Cycle of the Power Industry (2006)
- 21 Thermophysical Properties Associated with Ultra-supercritical Coal-fired Steam Generators (2009)
- 22 Steam Chemistry in the Turbine Phase-Transition Zone (2010)
- 23 Dew Point for Flue Gas of Power-Plant Exhaust (2008)
- 24 Thermal Conductivity of H<sub>2</sub>O at Low Pressures and High Temperatures (2009)
- 25 Thermophysical Properties of Metastable Steam and Homogeneous Nucleation (2011)
- 26 Properties of Humid Air and Humid Combustion Gases for CCS Technology (2011)

**Industrie kann Forderungen und Vorschläge für die Entwicklung von Standards einbringen !**

Folie 10

## Aktuelle IAPWS-Projekte

### Wasserdampf und Wasser

- Eigenschaften von metastabilem Dampf und Nucleation
- Entwicklung von extrem schnellen Stoffwert-Algorithmen für instationäre Prozessmodellierungen und CFD-Berechnungen

### Meerwasser

- Industrie-Formulation für die thermodynamischen Zustandsgrößen von Meerwasser
- Transporteigenschaften von Meerwasser

### Gemische mit Wasser

- Eigenschaften von Wasser/Kohlendioxid-Gemischen, feuchten Verbrennungsgasgemischen und feuchter Luft für CCS-Technologie
- Transporteigenschaften von Ammoniak/Wassergemischen
- Taupunkt von Verbrennungsgasen

## Aktuelle IAPWS-Projekte

### Kraftwerks- und Wasserchemie

- Verhalten von Aluminium in Dampf/Wasser-Kreisläufen
- Sensoren für wasserchemische Inline-Messungen unter Hochtemperaturbedingungen
- Korrosionsmechanismen in Abhängigkeit von Spurenverunreinigungen in überkritischen Dampfkraftwerken
- Genauigkeit von Korrosionsproduktmessungen bei Dampf und Wasser-Probenentnahmen in Kraftwerken
- Verhalten von organischen Konditionierungsmitteln (Aminen) im Dampf
- Untersuchungen zu konzentrierten Lösungen im Kühlwasser des Kondensators, im Frischwasser und Abdampf

**Stoffwert- Berechnungssoftware mit IAPWS-Standards  
der Hochschule Zittau/Görlitz  
[www.thermodynamik-zittau.de](http://www.thermodynamik-zittau.de)**

**Library LibIF97**

**für Wasserdampf, Wasser und Eis**

---

- |                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| • Zustandsgrößen         | IAPWS-IF97                          |
| • Umkehrfunktionen       | IAPWS-IF97-S01, -S03rev, -S04, -S05 |
| • Differentialquotienten | IAPWS-AN3 (2008)                    |
| • Viskosität             | IAPWS-2008                          |
| • Oberflächenspannung    | IAPWS-1994                          |

**Entwicklungsarbeiten 2009 - 2011**

- Einbau von IAPWS-2011 für Wärmeleitfähigkeit
- Erweiterung auf Eis-, Schmelz- und Sublimationsgebiet mit
  - IAPWS-2006 für Zustandsgrößen von Eis
  - IAPWS-95 für Zustandsgrößen von Wasserdampf bei  $t < 0^{\circ}\text{C}$
  - IAPWS-2008 für Schmelz- und Sublimationsdruck

Folie 13

**Stoffwert- Berechnungssoftware mit IAPWS-Standards  
der Hochschule Zittau/Görlitz**

**Library LibHuAir**

**für  
feuchte Luft**

---

- Mischungsmodell: ideale Mischung aus trockener Luft und Wasser nach PTB-CP-3 (2009)
- Wasserdampf und Wasser nach IAPWS-IF97

**Library LibHuGas**

**für  
feuchte Verbrennungsgase**

---

- Mischungsmodell: ideale Mischung realer Fluide nach PTB-CP-3 (2009)
- Wasserdampf und Wasser nach IAPWS-95

**Entwicklungsarbeiten 2009 - 2011**

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Berechnung des Sättigungszustands nach ASHRAE-RP 1485 (2009)<ul style="list-style-type: none"><li>- Henry-Konstante nach IAPWS-2004</li><li>- Virialkoeffizienten nach IAPWS-95</li><li>- Sublimationsdruck nach IAPWS-2008</li></ul></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Neuprogrammierung:<br/>Die Berechnung der Zustandsgrößen ist jetzt 10 x schneller.</li></ul> |
|---|--|

Folie 14

### Library LibAmWa

für  
**Ammoniak/  
Wasser-Gemische**

- Mischungsmodell nach IAPWS-2001
- Wasser nach IAPWS-95

### Library LibWaLi

für  
**Wasser/Lithiumbromid-  
Gemische**

- Mischungsmodell nach Kim und Infante Ferreira (2004)
- Wasser nach IAPWS-IF97

### Library LibSeaWa

für  
**Meerwasser**

- Mischungsmodell nach IAPWS-2008 und Fichtner Handbuch (1978)
- Wasser nach IAPWS-IF97

### Entwicklungsarbeiten 2009 - 2011

- Erweiterung auf Berechnung der Transporteigenschaften nach Conde (1998) sowie Vesovic und Wakeham (1998)
- Berechnungsalgorithmen überarbeitet
- Berechnungsalgorithmen überarbeitet

**Diese Stoffwert-Bibliotheken sind in EBSILON nutzbar.**

Folie 15

## Stoffwert-Berechnungssoftware für Erdgase und verwandte Gemische

von Prof. em. Dr.-Ing. W. Wagner,  
Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Thermodynamik  
[http://www.rub.de/thermo/Wagner/Wagner\\_startseite.htm](http://www.rub.de/thermo/Wagner/Wagner_startseite.htm)

**Berechnung der Zustandsgrößen mit der internationalen  
Referenz-Zustandsgleichung GERG-2008**

(demnächst ISO-Standard ISO 20765-2-3)

Multifluid-Modell: reales Gemisch realer Fluide

- 21 Komponenten einschließlich Wasser

**Berechnet werden können:**

- thermodynamische Zustandsgrößen
- Differentialquotienten
- Umkehrfunktionen mit den Eingangsgrößen  $(p,h)$ ,  $(p,s)$ ,  $(v,u)$ ,  $(T,v)$

**einschließlich Phasengleichgewichte**

**Kontakt:**

Tel.: 0234-32-29033,

E-Mail: [wagner@thermo.rub.de](mailto:wagner@thermo.rub.de)

Folie 16



## Weshalb kann die Mitarbeit in der IAPWS interessant sein?

► **Beeinflussung der Entwicklung von Standards auf den Gebieten:**

- Eigenschaften von Mischungen mit Wasser bzw. Wasserdampf
- Wasser- und Kraftwerkschemie

► **Zusammenarbeit und gemeinsame Projekte mit Fachkollegen u. a. von:**

- Siemens Energy, ALSTOM Power, General Electric, Toshiba, AREVA NP, EDF, British Energy, KEMA, SKODA Power, Lockheed

### Weitere Aktivitäten

#### Deutsches Nationales Komitee

Arbeitstreffen des Deutschen Nationalen Komitees	09.03.2012	Ruhr-Uni. Bochum
--	------------	------------------

#### Tagung und Konferenz der IAPWS

IAPWS Annual Meeting 2012	30.09. – 04.10.2012	Boulder, CO
---------------------------	---------------------	-------------

16th International Conference on the Properties of Water and Steam (16th ICPWS)	01.09. – 05.09.2013	London
---	---------------------	--------

( ICPWS finden alle 4 bis 5 Jahre statt.)

**Bitte um Kontakt, falls Interesse an Mitarbeit in IAPWS !**