

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Fachgebiet Technische Thermodynamik
<http://Thermodynamik.hs-zigr.de>



H.-J. Kretzschmar
I. Stöcker
K. Knobloch
I. Jähne

**Stoffwertberechnung für
Wasser und Wasserdampf,
Verbrennungsgasgemische
und feuchte Luft in
energietechnischen Prozessmodellierungen**

Inhalt:

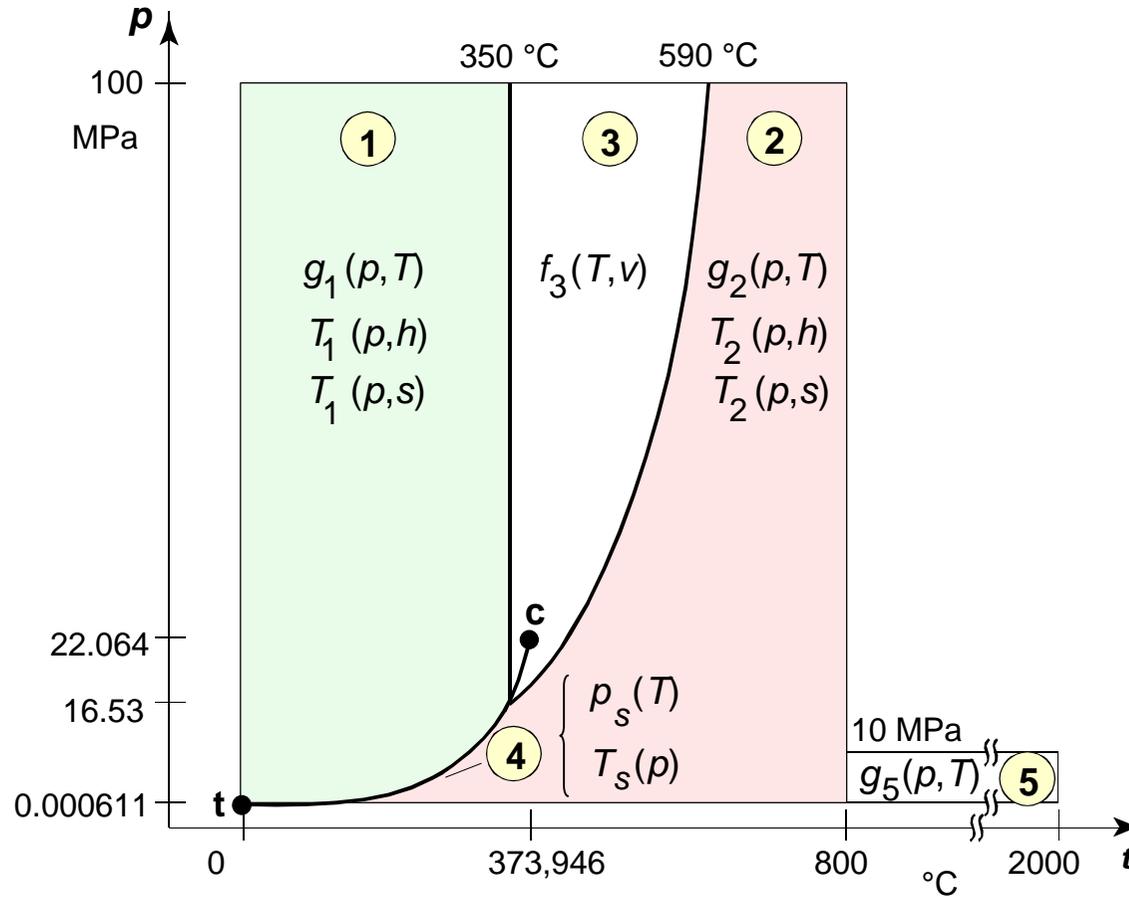
1. Wasser und Wasserdampf
2. Verbrennungsgasgemische
3. Feuchte Luft
4. Software für Stoffwertberechnung

Epsilon – Anwendertagung
Bensheim, 03.-04. Mai 2001

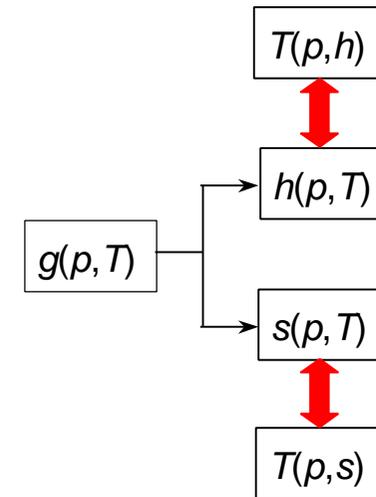
1. Wasser und Wasserdampf

Internationaler Industriestandard: IAPWS-IF97

The IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam

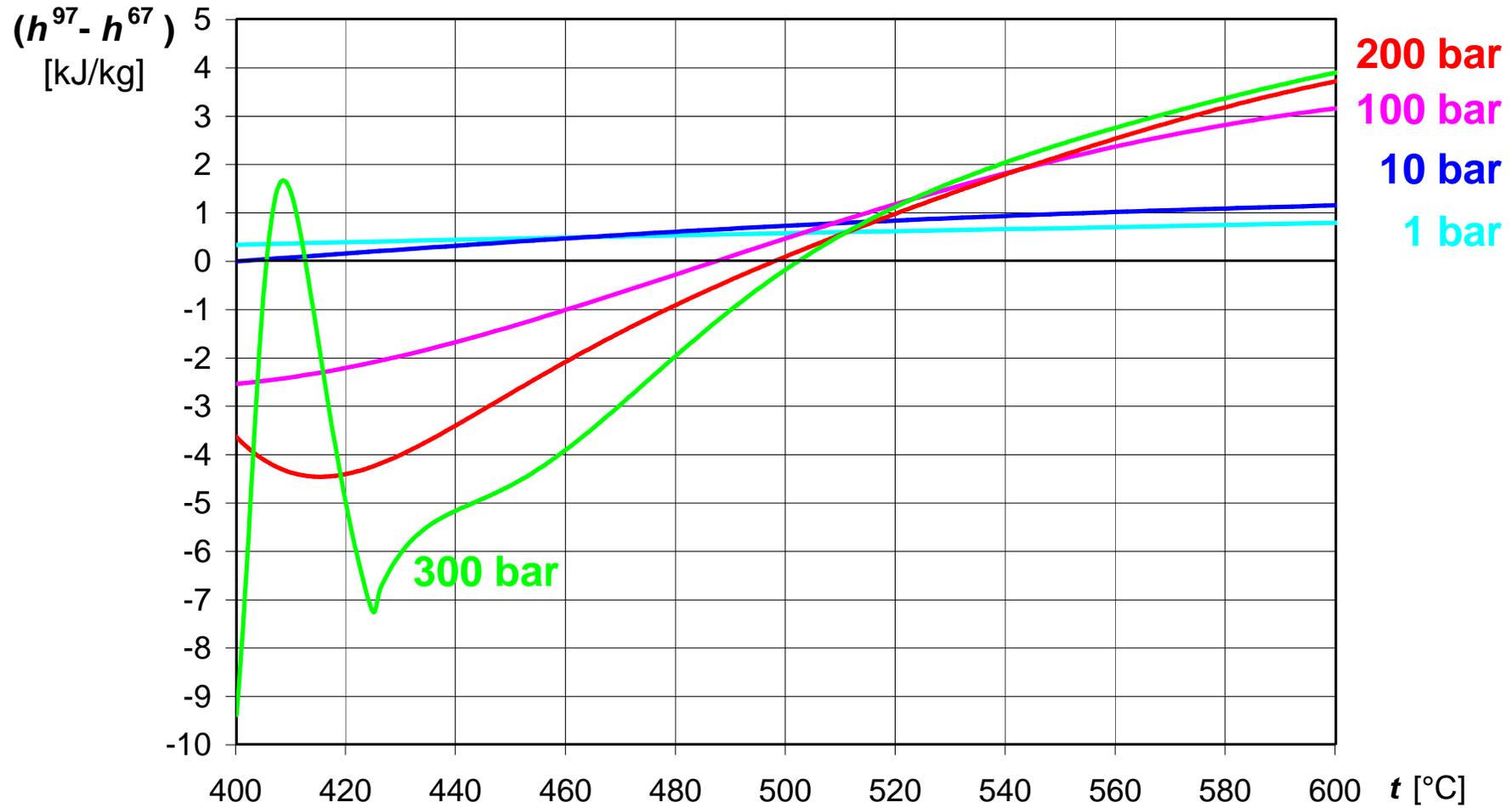


Numerische Konsistenz

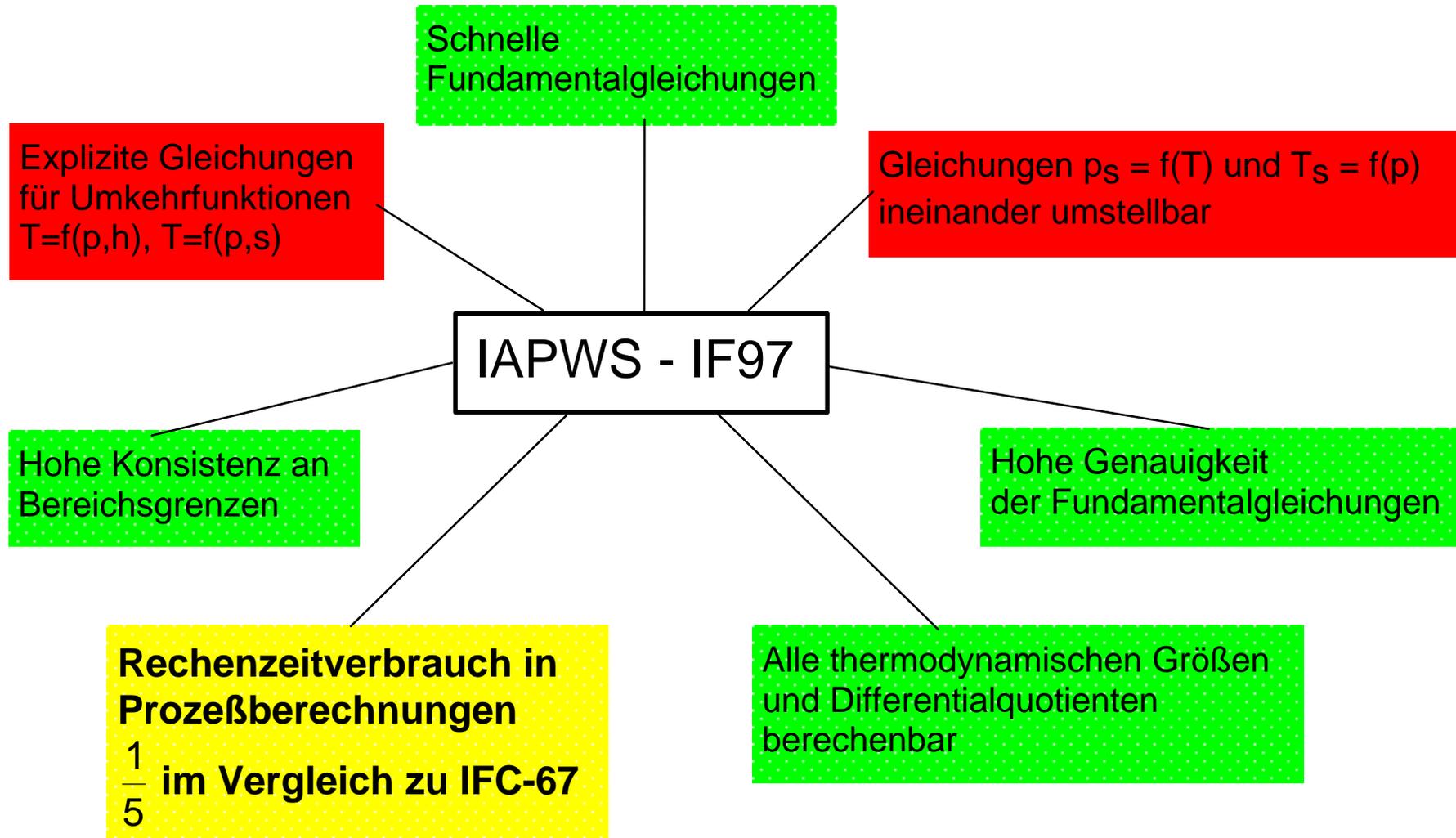


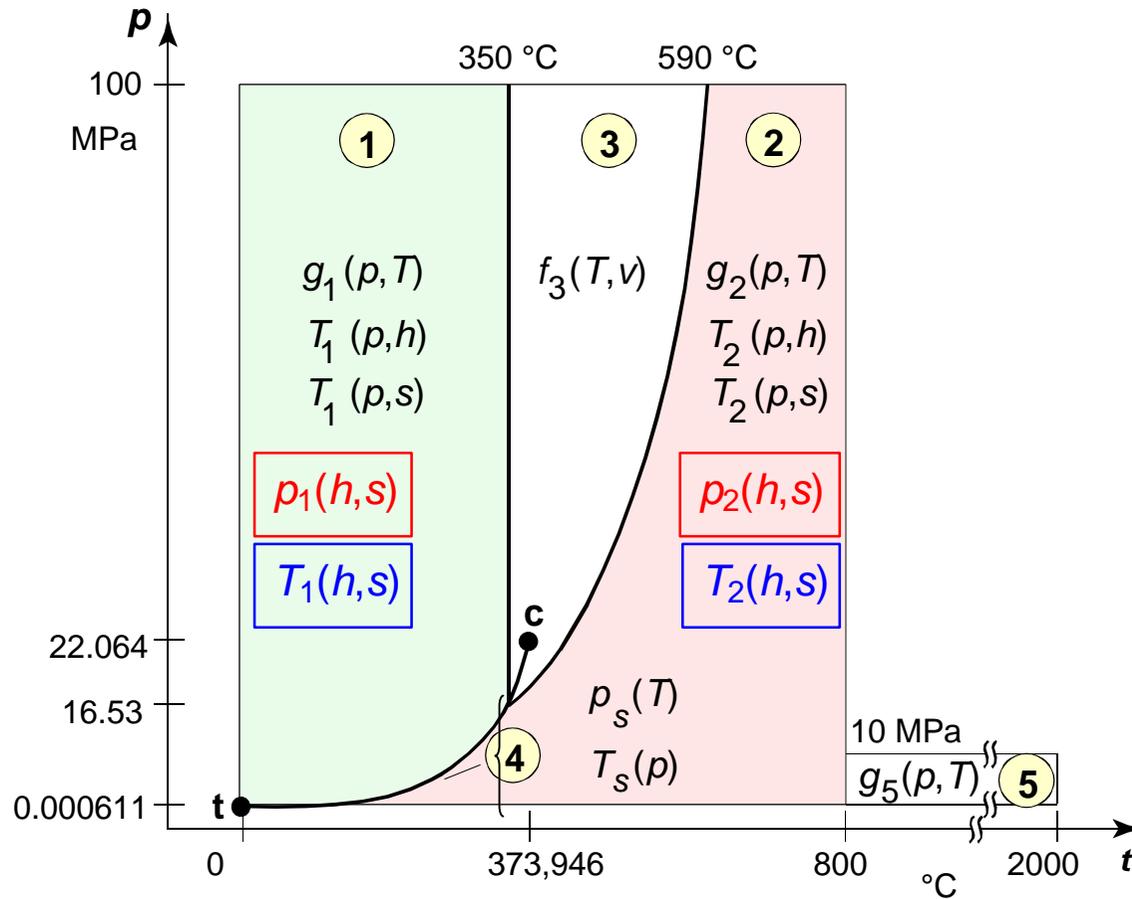
Stoffwertberechnung in EBSILON mit LibIF97

Enthalpie von Wasserdampf nach IAPWS-IF97 im Vergleich zu IFC-67



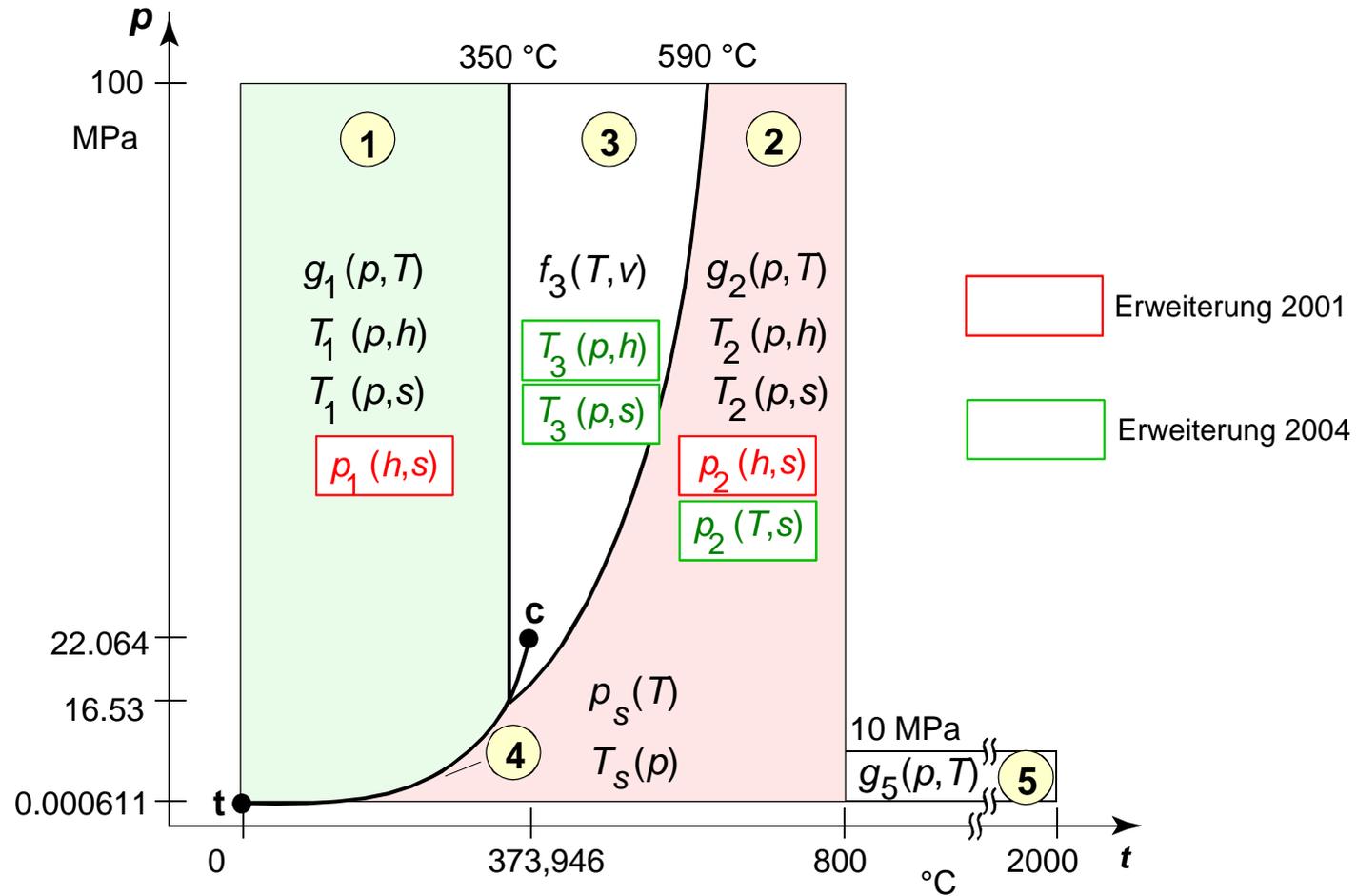
Neue Industrie - Formulation für Wasser und Wasserdampf





Programmbibliothek

LibIF97 mit Add-In FluidEXLGraphics für Excel®



Programmbibliothek

LibIF97 mit Add-In FluidEXLGraphics für Excel®

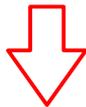
2. Verbrennungsgasgemische

Bisherige Berechnungsalgorithmen für Stoffdaten

Brandt - FDBR-Polynome

Baehr, Diederichsen – BWK 1988

NASA-Standard



Neuer Standard für thermodynamische Eigenschaften
VDI-Richtlinie 4670

Gemischgase:

SO ₂	CO ₂	CO	H ₂ O	N ₂	O ₂	Ar	Ne
-----------------	-----------------	----	------------------	----------------	----------------	----	----

Gültigkeitsbereich:

Temperatur: $-73\text{ °C} \leq t \leq 1727\text{ °C}$

Druck: $0\text{ bar} < p < 10 \dots 20\text{ bar}$



Bereich, in dem Modell des
idealen Gases gültig ist

Berücksichtigung der Dissoziation bei Temperaturen oberhalb 970 °C

Programmbibliothek

LibIDGAS mit Add-In FluidEXL für Excel[®]

Berechnungsalgorithmen der VDI-4670

Gemischgas k:

$$c_{p,k} = \sum_{i=1}^{10} a_{k,i} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{b_i}{4}}$$

$a_{k,i}$ - Koeffizienten des Gases k

b_i - Exponenten, für alle Gase gleich

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b_i	0	-6	-5	-3	-2	-1	1	2	3	4

Gemisch:

$$c_{p,mix} = \sum_{i=1}^8 x_k \cdot c_{pk} + \Delta c_p^{diss}$$

x_k - Molanteil des Gemischgases k

Δc_p^{diss} - Anteil durch Dissoziation des Gemisches

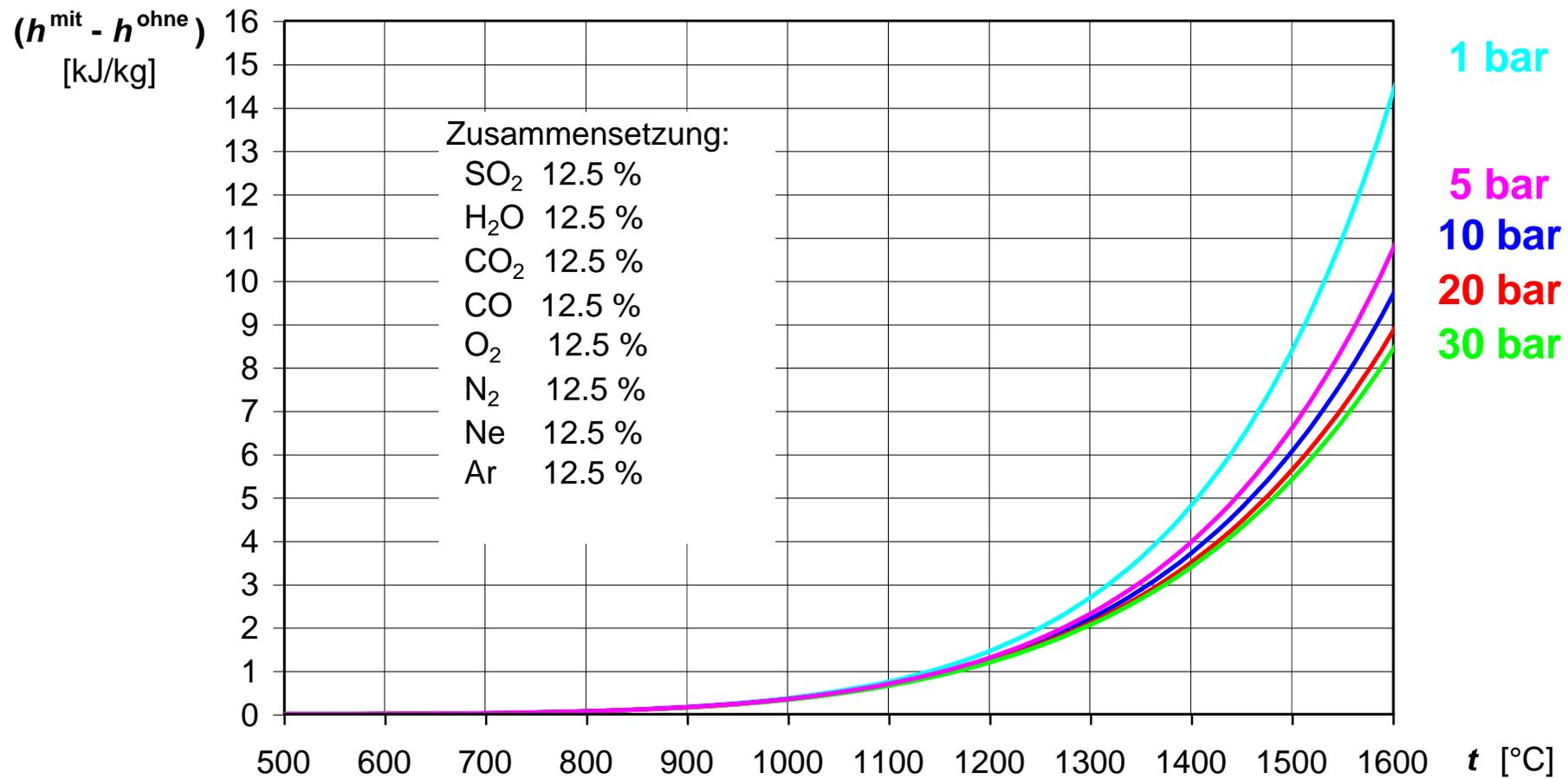
Anteil durch Dissoziation:

Voraussetzung $x_{O_2} \geq 1\%$, $\lambda \geq 1,05$

$$\Delta c_p^{diss} = \frac{\sum_{j=1}^6 U_j \cdot V_j}{1 + \sum_{j=1}^6 U_j}$$

U_j – Umsatzkennzahlen }
 V_j – Energiekennzahlen } der 6 Dissoziationsreaktionen

Einfluss der Dissoziation auf die Enthalpie des Verbrennungsgasgemisches



Weiterentwicklung der Algorithmen für Verbrennungsgasgemische

VDI-Richtlinie 4670:

Ideales Gemisch idealer Gase

LibIDGAS (2000)



Ideales Gemisch realer Gase

LibHuGas (Ende 2001)

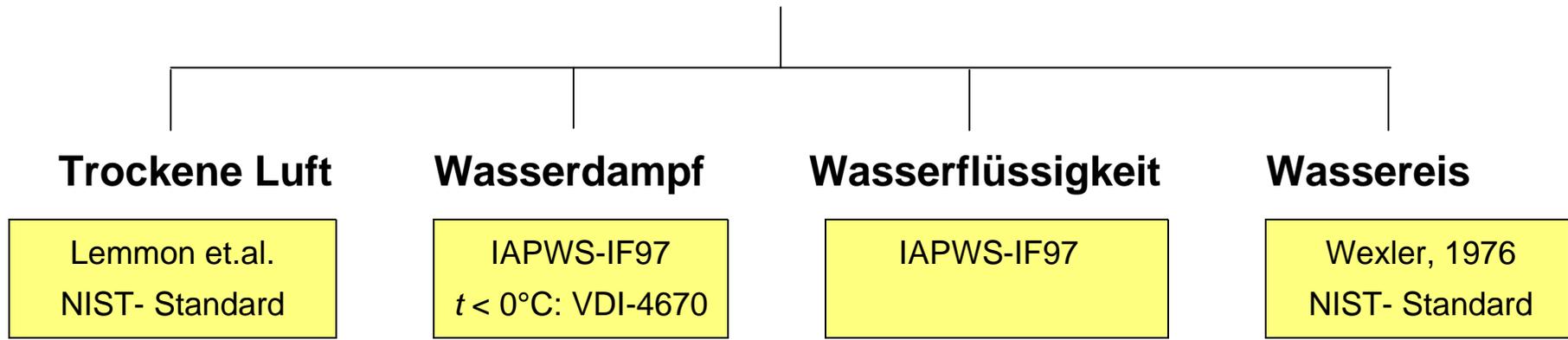


Reales Gemisch realer Gase

Entwicklungszeit ca. 5 Jahre
(EU-Projekt)

3. Feuchte Luft

Berechnung der thermodynamischen Eigenschaften
Ideales Gemisch realer Fluide



Gültigkeitsbereich:

Temperatur: $-73\text{ °C} \leq t \leq 1727\text{ °C}$

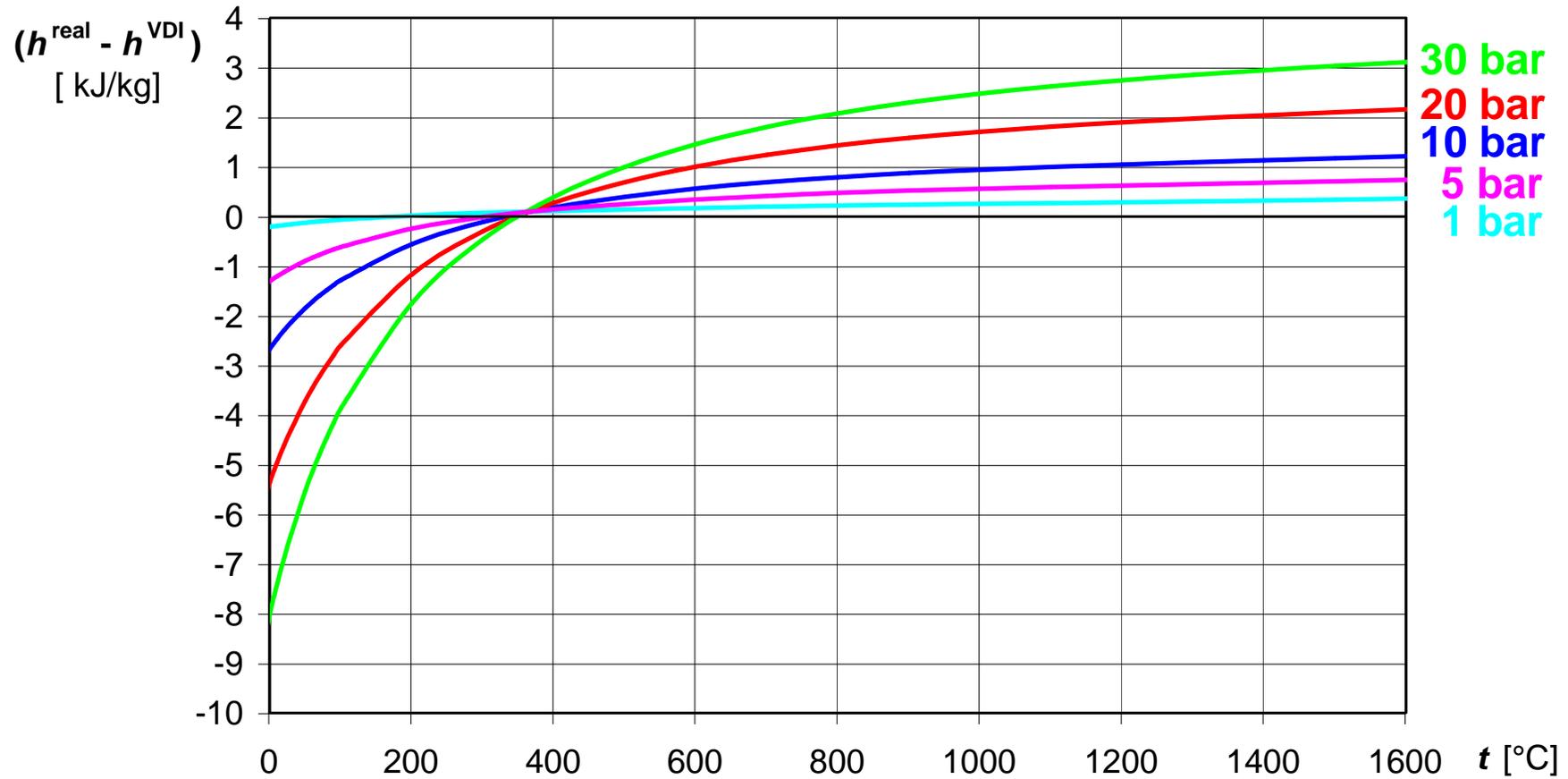
Druck: $0\text{ bar} < p \leq 1000\text{ bar}$

Berücksichtigung der Dissoziation bei Temperaturen oberhalb 970 °C nach VDI-4670

Programmbibliothek

LibHuAir mit Add-In FluidEXL für Excel®

Einfluss des realen Zustandsverhaltens von Luft auf deren Enthalpie



4. Stoffwert-Software für Arbeitsfluide der Energietechnik

