Dipl.-Ing. (FH) K. Knobloch (Vortragende), Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
Fachgebiet Technische Thermodynamik, Hochschule Zittau/Görlitz (FH)

Prof. Dr.-Ing. habil. A. Dittmann
Institut für Thermodynamik und TGA, Technische Universität Dresden

Ergänzende Gleichungen für die Umkehrfunktionen *T*(*p*,*h*), *v*(*p*,*h*) und *T*(*p*,*s*), *v*(*p*,*s*) für das kritische und überkritische Zustandsgebiet von Wasser zur Industrie-Formulation IAPWS-IF97

Im September 2001 wurde die Industrie-Formulation IAPWS-IF97 für die Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen von Wasser und Wasserdampf durch den Standard IAPWS-2001 ergänzt. Dieser enthält Gleichungen zur Berechnung der Umkehrfunktion $p(h,s)$ für flüssiges Wasser (Bereich 1 im Bild) und überhitzten Wasserdampf (Bereich 2).

In Ergänzung werden Gleichungen für die in Prozessberechnungen ebenfalls benötigten Umkehrfunktionen $T_3(p,h)$, $v_3(p,h)$ und $T_3(p,s)$, $v_3(p,s)$ für das kritische und überkritische Zustandsgebiet von Wasser (Bereich 3) vorgestellt.

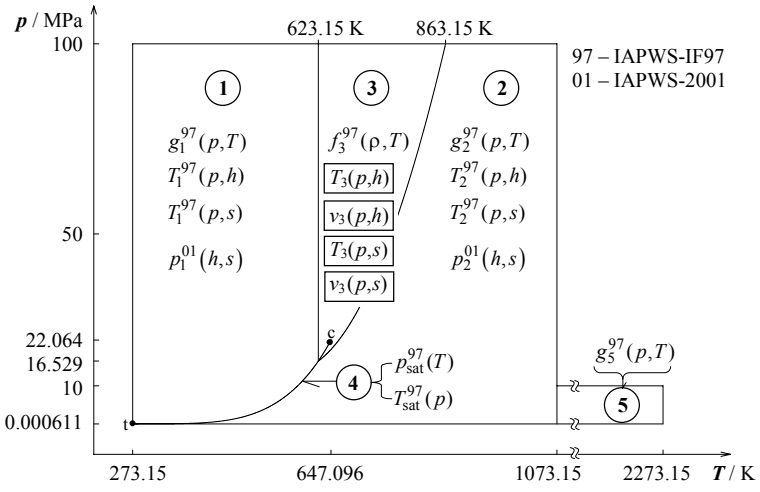

Bild: Zustandsbereich und Gleichungen der IAPWS-IF97 und IAPWS-2001 und die entwickelten Gleichungen für den kritischen und überkritischen Bereich 3

Um die extremen Forderungen an die numerische Konsistenz zur Fundamentalgleichung $f_3^{97}(\rho,T)$ der IAPWS-IF97 zu erfüllen, wurde eine Unterteilung des Bereiches 3 in zwei Unterbereiche mit der kritischen Entropie als Unterbereichsgrenze vorgenommen. Die entwickelten Gleichungen $T_3(p,h)$ und $T_3(p,s)$ erreichen die von der IAPWS geforderte numerische Konsistenz von 25 mK. Die numerische Konsistenz der Gleichungen $v(p,h)$ und $v(p,s)$ beträgt 0,01 %. Entlang der Grenze zwischen den beiden Unterbereichen und an den Grenzen zu den benachbarten Bereichen 1 und 2 werden diese Werte ebenfalls eingehalten. Der kritische Punkt wird von den Gleichungen exakt wiedergegeben.

Aufgrund der erreichten numerischen Konsistenz können die Gleichungen in thermodynamischen Prozessmodellierungen für die Berechnung der Zustandsgrößen ausgehend von den gegebenen Größenpaaren (p,h) und (p,s) im Bereich 3 verwendet werden. Die hierfür sonst notwendigen zweidimensionalen Iterationen entfallen. Die Berechnung mit den vorgestellten Gleichungen benötigt weniger als 1 % der Rechenzeit im Vergleich zu den Iterationen.

Die Grundlage für die Entwicklung der Gleichungen bildete ein spezieller Approximationsalgorithmus, der unter Nutzung des Strukturoptimierungsverfahrens von *Wagner* in den vergangenen Jahren an der TU Dresden und an der Hochschule Zittau/Görlitz (FH) entwickelt wurde. Bei der Entwicklung der Gleichungen konnte auf Erfahrungen aus der Erstellung der Gleichungen für die IAPWS-2001 zurückgegriffen werden.