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

Technische Thermodynamik – Stoffdatenermittlung

0 Was ist Stoffdatenermittlung ?

1 Einführung

1.1 Tätigkeit "Stoffdaten ermitteln"

1.2 Wichtige Stoffeigenschaften für Energietechnik

1.3 Thermophysikalische Eigenschaften der Fluide

1.4 Arbeitsfluide in der Energietechnik

1.4.1 Reine Fluide

1.4.2 Fluide Stoffgemische

1.5 Bedeutung der Stoffwertbereitstellung in Prozeßmodellierungen

2 Experimentelle Bestimmung thermophysikalischer Stoffwerte

2.1 Übersicht der gemessenen Größen

2.2 Ausgewählte Meßapparaturen

2.2.1 Messung von p,ρ,T-Daten

2.2.2 Messung der Wärmekapazitäten c_p und c_v

2.2.3 Messung der Zähigkeiten η und ν

2.2.4 Messung des Heizwertes $\Delta_H h$

2.3 Rahmentafeln

3 Modellierung des thermophysikalischen Zustandsverhaltens reiner Stoffe mit Zustandsgleichungen

3.1 Thermodynamische Differentialgleichungen und mathematische Grundlagen

3.1.1 I. und II. Hauptsatz der Thermodynamik

3.1.2 Mathematische Gesetzmäßigkeiten von Zustandsgrößen

3.1.3 Schlußfolgerungen - Thermodynamische Potentiale

3.2 Thermische Zustandsgleichungen
- 3.2.1 Übersicht
- 3.2.2 Thermische Zustandsgleichung für den Idealgasbereich
- 3.2.3 Thermische Zustandsgleichung für den idealen Flüssigkeitsbereich
- 3.2.4 Thermische Zustandsgleichungen des VAN DER WAALS-Types
- 3.2.5 Theorem der korrespondierenden Zustände - Korrespondenzprinzip
- 3.2.6 Virialgleichungen
- 3.2.7 Potenzgleichungen
- 3.2.8 Empirische Zustandsgleichungen
- 3.2.9 Besonderheiten von technisch und physikalisch formulierten Zustandsgleichungen

3.3 Energetische Zustandsgleichungen
- 3.3.1 Zurückführung auf thermische Zustandsgleichung und Wärmekapazität des idealen Gases
- 3.3.2 Energetische Zustandsgleichungen in physikalischer Formulierung
- 3.3.3 Energetische Zustandsgleichungen in technischer Formulierung
- 3.3.4 Energetische Zustandsgleichungen für den Idealgasbereich
- 3.3.5 Energetische Zustandsgleichungen für das ideale Flüssigkeitsgebiet
- 3.3.6 Praktische Herangehensweise

3.4 Kanonische Zustandsgleichungen
- 3.4.1 Übersicht
- 3.4.2 Berechnung weiterer thermodynamischer Größen mit kanonischen Zustandsgleichungen
- 3.4.3 Kanonische Zustandsgleichung für Wasser

3.5 Beschreibung des fluiden Zweiphasengebietes
- 3.5.1 Übersicht
- 3.5.2 Thermodynamische Differentialgleichungen für das Zweiphasengebiet - MAXWELL-Kriterium
- 3.5.3 Die Gleichung von CLAUSIUS und CLAPEYRON
- 3.5.4 Dampfdruckgleichungen und Zustandsgleichungen für die Phasengrenzkurven
- 3.5.5 Dampfanteil

3.6 Metastabiles Zustandsverhalten

3.7 Inversionsverhalten - JOULE-THOMSON-Koeffizient

3.8 Isentropenexponent

3.9 Schallgeschwindigkeit

3.10 Transporteigenschaften

3.11 Oberflächenspannung

3.12 Fluide Stoffgemische

3.12.1 Größen zur Beschreibung der Gemischzusammensetzung und der Gemischeigenschaften

3.12.2 GIBBSsche Hauptgleichung für Gemische

3.12.3 Praktische Berechnung mit Gemisch-Zustandsgleichungen

3.12.4 Berechnung von idealen Gasgemischen

3.13 Dissoziierende Fluide

4 Stoffwertbereitstellung für Prozessmodellierungen der Energietechnik

4.1 Arbeitshilfen des Wärmetechnikers für die Stoffwertermittlung

4.2 Stoffdatenauskunftsprogramme

4.3 Stoffdatenbanken

4.4 Zustandsdiagramme

4.5 Stoffwertunterprogrammbibliotheken

4.5.1 Struktur

4.5.2 Phasentest

4.5.3 Lösungswege für die Stoffwertberechnung in Prozeßmodellierungen

4.5.4 Thermophysikalische Zustandsfunktionen und Zustandsbereiche - Konsistenzprobleme

5 Aufbereitung von Zustandsgleichungen aus der Literatur

5.1 Thermodynamische Differentialquotienten

5.2 Implizite Zustandsfunktionen

5.3 Wasser und Wasserdampf

5.4 Gase und Gasgemische

5.5 Kältemittel und Kältemittelgemische

6 Interpolation abgespeicherter Stützdaten

6.1 Problemstellung

6.2 Interpolationsverfahren

6.2.1 Lineare Interpolation

6.2.2 Parabolische Interpolation

6.2.3 Spline-Interpolation

6.3 Koordinatentransformation

6.4 Potentialmethode

7 Approximation von vereinfachten Stoffwertgleichungen

7.1 Problemstellung

7.2 Regressionsverfahren

7.3 Strukturoptimierung

7.4 Numerische Konsistenz zwischen approximierten Gleichungen

7.5 Anwendung des Verfahrens der kleinsten Quadrate

7.5.1 Algorithmus

7.5.2 Koordinatentransformation

7.5.3 Nebenbedingungen

7.5.4 Daten für Ableitungen