

# Erstellung von konsistenten Zustandsgleichungen mit simultaner Approximation

Eine einfache und schnelle Berechnung thermophysikalischer Stoffdaten in thermodynamischen Prozeßmodellierungen ist möglich, wenn zugeschnittene, ohne Iterationen verwendbare Zustandsgleichungen verwendet werden.

Diese lassen sich mit dem vorgestellten Approximationsverfahren aufstellen. Probleme der Konsistenz zwischen den Gleichungen, beispielsweise zwischen  $h(p, T)$  und  $T(h, p)$ , d. h. zwischen „Vorwärts- und Rückwärtsfunktionen“, werden dabei mit der zu diesem Zweck entwickelten simultanen gleichmäßigen Approximation gelöst.

T. Zschunke, H.-J. Kretzschmar und A. Dittmann, Dresden

## Einleitung

Ziel der Arbeit im weiteren Sinne ist, die Berechnung thermophysikalischer Stoffdaten in Prozeßmodellierungen schneller zu gestalten. Die Motivation hierfür ergibt sich aus der Tatsache, daß der Anteil der Stoffwertalgorithmen an der gesamten Rechenzeit energietechnischer Prozeßmodellierungen mit ca. 70 bis 90% sehr hoch ist. Bekanntlich werden die Stoffdaten in den innersten Iterationszyklen der Orts- und Zeitdiskretisierungen benötigt und müssen deshalb um so öfter berechnet werden, je feiner solche Diskretisierungen sind. So kann unabhängig von der Entwicklung der Hardware eine durch geeignete Software schnellere Stoffwertberechnung dazu beitragen, daß umfangreichere und kompliziertere Modellierungsaufgaben lösbar werden [5].

Für das wichtigste Arbeitsmittel Wasser liegen als Ausgangsbasis international verbindliche Gleichungssätze, sogenannte „Formulierungen“, wie z. B. IFC 67 [2] für industriellen und IAPS 84 [3] für wissenschaftlichen Gebrauch vor. Diese und auch andere leistungsfähige Formulierungen, wie diejenige von Saul und Wagner [6; 7], stellen das gesamte fluide Zustandsgebiet mit einigen wenigen Gleichungen dar bzw. sogar nur mit einer einzigen. Abgesehen von Ausnahmen lassen sich alle thermodynamischen Zustandsgrößen aus ihnen berechnen. Bei implizit verknüpften Größen sind allerdings ein- und zweidimensionale Iterationen, verbunden mit einem relativ hohen Rechenaufwand, unvermeidbar [5].

In der vorliegenden Arbeit wird deshalb das Konzept verfolgt, unter Verwendung der „Formulierungen“ vereinfachte Stoffwertmodelle aufzustellen.

Folgende Prämissen sind zu beachten:

- Der zu erfassende Gültigkeitsbereich ist technisch begründet durch den Zustandsbereich, der für Turbinenstufen, Dampferzeuger, Wärmeübertrager oder andere Bauteile und Anlagen zu berechnen ist.

- Diese Gleichungen werden so einfach wie möglich gehalten.
- Es wird unterstellt, daß sich aus dem technischen Problem die mindestens erforderliche Genauigkeit der Stoffdaten ableiten läßt. Diese wird bei der Aufstellung der Gleichungen maximal „ausgereizt“.
- Bei der Approximation werden die sich aus der Prozeßberechnung ergebenden Konsistenzforderungen an die separaten Vorwärts- und Rückwärtsfunktionen berücksich-

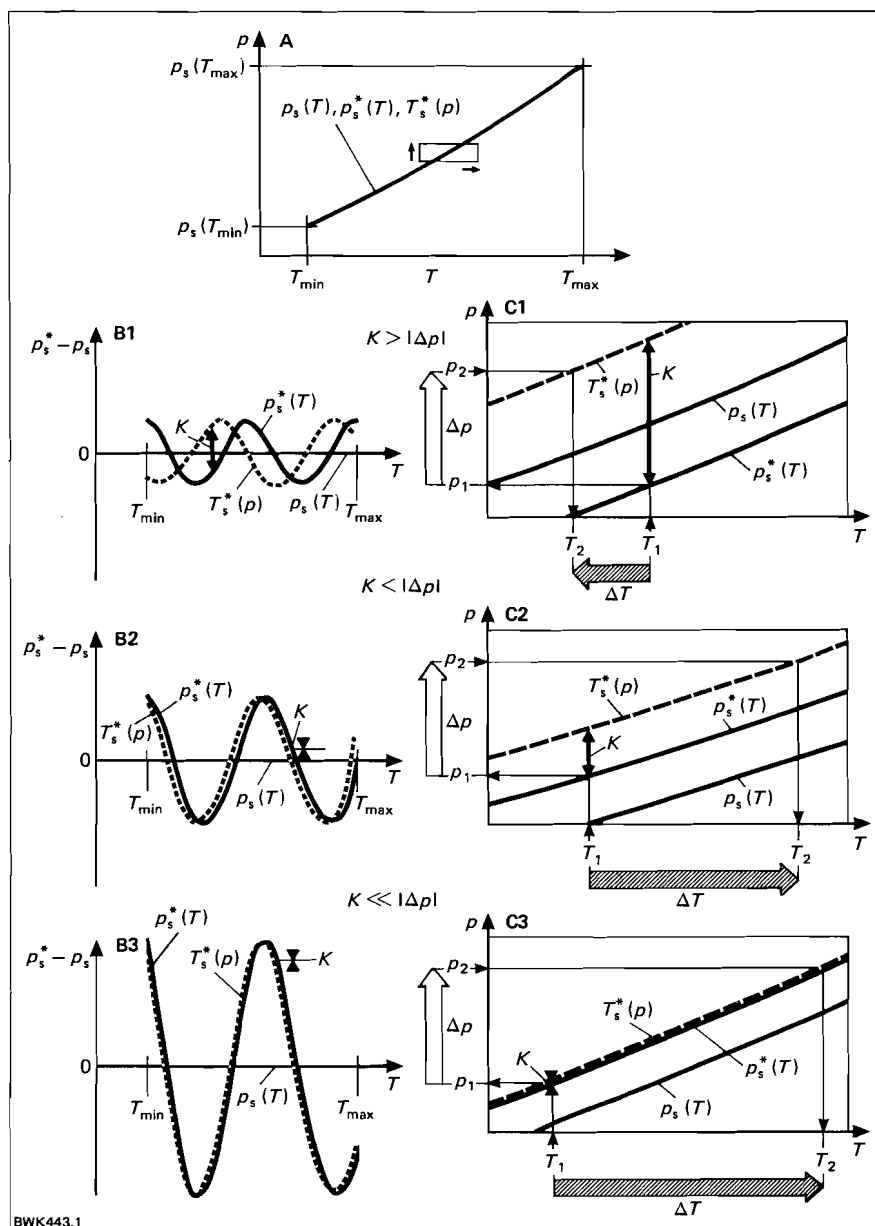


Bild 1: Näherungsfunktionen für Dampfdruck  $p_s^*(T)$  und Siedetemperatur  $T_s^*(p)$  - Auswirkung von drei Versionen mit unterschiedlichen Konsistenzfehlern  $K$  auf die berechnete Temperaturänderung  $\Delta T$  in einem Prozeßberechnungsschritt  $\Delta p$

Bild 1: Näherungsfunktionen für Dampfdruck  $p_s^*(T)$  und Siedetemperatur  $T_s^*(p)$  - Auswirkung von drei Versionen mit unterschiedlichen Konsistenzfehlern  $K$  auf die berechnete Temperaturänderung  $\Delta T$  in einem Prozeßberechnungsschritt  $\Delta p$

tigt, beispielsweise an die Konsistenz zwischen Dampfdruck- und Siedetemperaturfunktion,  $p_s(T)$  und  $T_s(p)$ , oder zwischen Enthalpie- und Temperaturfunktion,  $h(p, T)$  und  $T(h, p)$ .

Für die Verwirklichung dieses Konzepts entstand am Institut für Technische Thermodynamik und Wärmenutzung der TU Dresden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energieversorgung Dresden ein Algorithmus mit folgenden Haupteigenschaften:

1. Kernstück ist ein Verfahren zur nichtlinearen gleichmäßigen simultanen Approximation mehrerer Gleichungen, das für die Einflußnahme auf das Konsistenzverhalten von Näherungsgleichungen untereinander entwickelt wurde [1; 12]. Ihm gilt die vorwiegende Aufmerksamkeit der folgenden Abschnitte.
2. Darüber hinaus umfaßt das Programm einen Regressionsalgorithmus mit Strukturoptimierung, der aus einer größeren Anzahl vorgegebener Terme (bis zu 300)<sup>1)</sup> die zur Wiedergabe der Regressionsdaten geeignetsten auswählt. Dieser Algorithmus, dessen mathematischer Kern auf der von Wagner [10] entwickelten Regressionsanalyse basiert und einige vom ursprünglichen Autor inzwischen anerkannte Modifikationen enthält, wurde bereits vorgestellt [13].<sup>2)</sup>

### Exemplarische Darstellung des Konsistenzproblems

Zur Veranschaulichung der Problemstellung der Konsistenz zwischen Vorwärts- und Rückwärtsfunktion sowie zur Darstellung der Lösungsmethode sei in Anlehnung an durchgeführte Beispielrechnungen folgender Fall diskutiert:

Für die Dampfdruckkurve eines reinen Stoffes liegt eine genaue, d.h. die Meßwertqualität widerspiegelnde Funktion  $p_s(T)$  vor. Benötigt wird jedoch eine vereinfachte Funktion  $p_s^*(T)$  zur Darstellung dieses Zusammenhangs. Darüber hinaus ist die zugehörige Rückwärtsfunktion  $T_s^*(p)$  für die Prozeßberechnung ebenfalls erforderlich. Diese müßte iterativ berechnet werden, da auch die vereinfachte Beziehung  $p_s^*(T)$  nicht explizit nach  $T$  umstellbar ist. Die Folge sind zu lange und darüber hinaus für Prozeßsimulationen nicht abschätzbare Rechenzeiten. Um dies zu umgehen, wird eine separate Siedetemperaturfunktion  $T_s^*(p)$  verwendet.

Bild 1 zeigt die drei Funktionen, also

- den „wahren“ Verlauf  $p_s(T)$  der Originalfunktion, wie er sich z.B. aus einer international verbindlichen Formulierung ergibt (starke, durchgezogene Linie);

<sup>1)</sup> Diese Anzahl ergibt sich aus rechtechnischen Gegebenheiten und ist nicht durch das Verfahren an sich festgelegt.

<sup>2)</sup> Betreffs der Ermittlung optimaler Funktionsstrukturen sei daneben auf das leistungsfähige Verfahren von Setzmann und Wagner [8; 9] verwiesen.

- die vereinfachte Vorwärtsfunktion

$$p_s^*(T) = \sum_{m=1}^{M_p} a_{pm} f_{pm}(T) \quad (1),$$

die eine Näherung für  $p_s(T)$  darstellt (dünne, durchgezogene Linie);

- die zugehörige Rückwärtsfunktion

$$T_s^*(p) = \sum_{m=1}^{M_T} a_{Tm} f_{Tm}(p) \quad (2),$$

die  $p_s(T)$  ebenfalls annähert (dünne, unterbrochene Linie), wobei  $a_{pm}$  und  $a_{Tm}$  die freien Parameter und  $f_{pm}(T)$  sowie  $f_{Tm}(p)$  die zugehörigen Basisfunktionen darstellen.

Verglichen wird in einer Prozeßberechnung das Verhalten von drei Paaren von Näherungsfunktionen, die als Ergebnis verschiedener Approximationsrechnungen vorliegen.

Da im  $p, T$ -Diagramm, Teil A, die geringen Differenzen zwischen den Funktionen nicht veranschaulicht werden können, erfolgt deren Darstellung in den Teilen B und C des Bildes 1.

In den Diagrammen B1, B2 und B3 sind die Druckdifferenzen der Approximationsfunktionen zur Originalfunktion, hier repräsentiert durch die Nulllinie, aufgetragen. Um den Vergleich auch bei der Rückwärtsfunktion  $T_s^*(p)$  zu gewährleisten, wird diese als implizite Funktion des Druckes von der Temperatur  $p_s^* = \{T_s^*\}^{-1}(T)$  aufgefaßt und iterativ berechnet.

Gewissermaßen „mit der Lupe“ werden Ausschnitte des jeweiligen  $p, T$ -Diagramms in den Diagrammen C1, C2 und C3 betrachtet.

### Der Begriff des Konsistenzfehlers

Läge zwischen  $p_s^*(T)$  und  $T_s^*(p)$  Konsistenz vor, wäre in den Diagrammen der Abstand zwischen den durchgezogenen und den unterbrochenen dünnen Linien an allen Stellen gleich Null, d.h. die Kurven würden zusammenfallen. Demzufolge wird die im realen Fall immer auftretende Differenz

$$|p_s^*(T) - \{T_s^*\}^{-1}(T)| = K \quad (3)$$

als **Konsistenzfehler** definiert, während die Differenzen der Approximationsfunktionen  $p_s^*(T)$  und  $T_s^*(p)$  zur Originalfunktion  $p(T)$  als **Zustandsfehler** bezeichnet werden.

### Auswirkungen des Konsistenzfehlers

Die zum Vergleich der Fälle analysierte Prozeßberechnung habe folgenden Verlauf:

Ausgehend von einer vorgegebenen Temperatur  $T_1$  wird mit  $p_s^*(T)$  der Druck  $p_1$  berechnet. In den Bilanzen des Prozeßmodells soll sich nun eine in allen drei Fällen gleiche Druckerhöhung  $\Delta p$  auf  $p_2$  ergeben (vgl. Bild 1 – C1, C2, C3). Daraufhin muß zur weiteren Berechnung des Prozesses die zugehörige neue Siedetemperatur  $T_2$  ermittelt werden. Dies erfolgt mit der expliziten Rückwärtsfunktion  $T_s^*(p)$ .

Es stellen sich in den drei Gleichungsvarianten verschiedene Differenzen  $T_2 - T_1 = \Delta T$  ein. Während in Fall C1 sich für  $\Delta T$  ein negativer Wert ergibt, was bei der angenommenen positiven Druckänderung  $\Delta p$  ein physikalisch sinnloses Ergebnis darstellt, hat die berechnete Temperaturänderung  $\Delta T$  in Fall C2 wenigstens die richtige Richtung und nähert sich in Fall C3 dem wahren Betrag an. Schlüssel für dieses Verhalten ist das Größenverhältnis von Konsistenzfehler  $K$  entsprechend Gl. (3) zum Drucksprung  $\Delta p$ . Wie in Bild 1 ersichtlich, ist  $K > \Delta p$  in Fall C1,  $K < \Delta p$  in Fall C2 und  $K \ll \Delta p$  in Fall C3.

Um auf der „sicheren Seite“ zu liegen, muß somit der maximale Konsistenzfehler deutlich kleiner sein als die minimale zu erwartende Schrittweite in der Prozeßberechnung.

### Steuerung des Konsistenzfehlers durch simultane Approximation

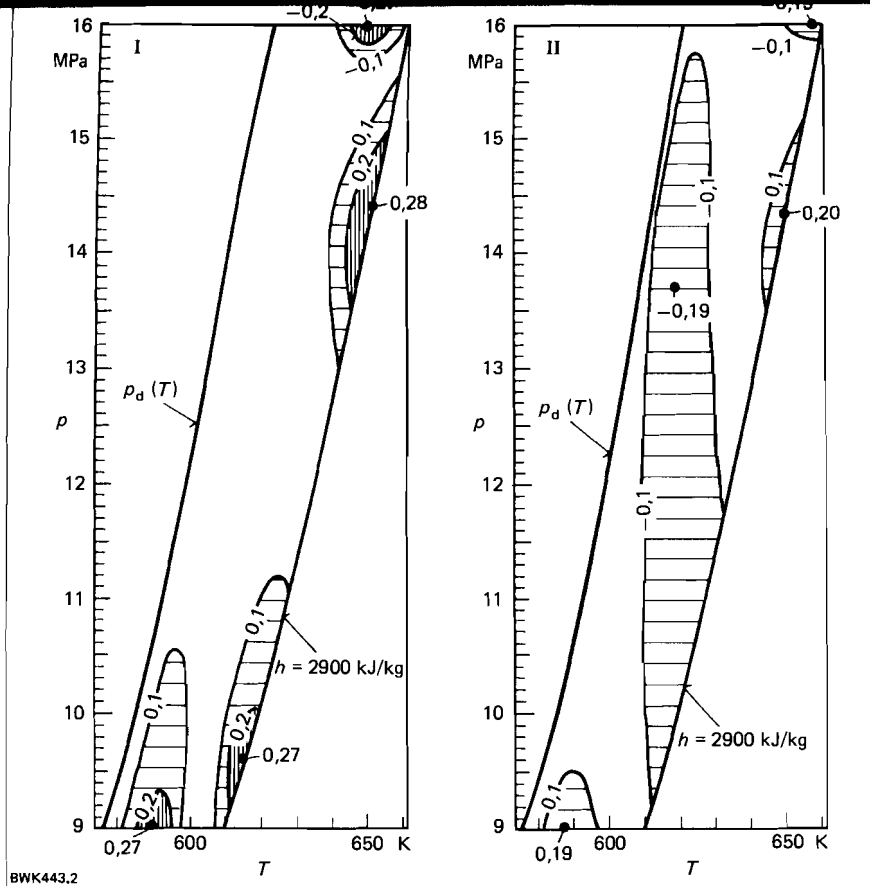
Die in den Fällen C2 und C3 verwendete simultane Approximation bewirkt, daß die Parameter  $a_{pm}$  einerseits durch Anpassung an die Originalfunktion, andererseits durch Abstimmung mit den ebenfalls freien Koeffizienten  $a_{Tm}$  der Siedetemperaturgleichung ermittelt werden. Die Rückwärtsfunktion wird somit nicht an eine starr vorgegebene, sondern an eine selbst noch veränderliche Vorwärtsfunktion angepaßt. Damit kann die Größe des Konsistenzfehlers gesteuert werden.

Es handelt sich um ein iteratives Verfahren, daß die im Fall C1 bei separater Approximation der beiden Funktionen ermittelten Funktionsansätze und Koeffizienten als Ausgangspunkt verwendet.

Grundlage ist eine Methode von Jing und Fam [4] zur nichtlinearen gleichmäßigen Approximation. In einzelnen werden dabei alle Zusammenhänge zwischen den unerwünschten Differenzen (Konsistenz- und Zustandsfehler) und den freien Parametern (Koeffizienten, Exponenten u.a.) in der Umgebung eines jeweils aktuellen Parametervektors linearisiert. Nur dieser begrenzte Teil des eigentlichen Parameterraumes wird dann bei der Fehlerminimierung betrachtet. Diese kann vorteilhafterweise als lineares Optimierungsproblem mit einer Zielfunktion – der Minimierung des größten lokalen Maximums – und einem Restriktionssystem – dem Linearisierungsbereich – formuliert und mit Hilfe des Simplex-Algorithmus gelöst werden. Die zwangsläufige Näherungscharakter tragenden Lösungen für die Parameter werden durch Wiederholung des Verfahrens schrittweise verbessert.

Zur Realisierung der simultanen Approximation mehrerer Funktionen mit mehreren Unabhängigen waren folgende Veränderungen gegenüber dem ursprünglichen Algorithmus von Jing und Fam [4] notwendig:

- a) Um die Verhältnisse der zu steuernden Differenzen zwischen beteiligten Funktionen untereinander, nicht etwa deren Absolutwerte, fest-



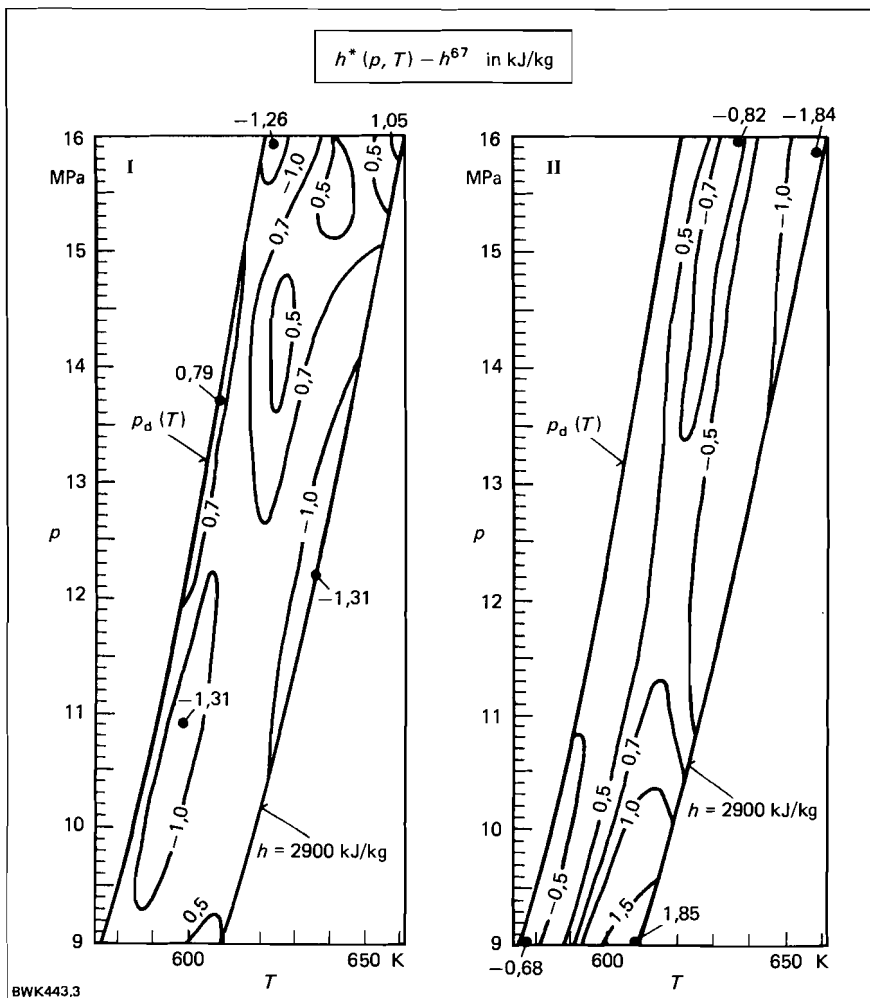
**Figure 2:** Simultaneous approximation of the equation of state - Diagram II (right) with double weighting of the consistency error compared to Diagram I (left)

schreiben zu können, wird jede Differenz im gesamten Zustandsbereich mit einem zuvor festzulegenden Wichtungsfaktor multipliziert. Dessen Größe richtet sich danach, wie das Maximum der entsprechenden Fehlerfunktion (Differenzverlauf im Zustandsbereich) gegenüber denen der anderen im Verhältnis stehen soll.

Um den Konsistenzfehler stark zu unterdrücken, werden die Differenzen aus Gl. (3) beispielsweise mit 100 gewichtet, während die Zustandsfehler  $|p_s^*(T) - p_s(T)|$  und  $|\{T_s^*\}^{-1}(T) - p_s(T)|$  mit lediglich Faktor 1 multipliziert werden.

b) Die Minimierung des größten lokalen Maximums der Fehlerfunktion setzt voraus, daß für jede vorläufige Belegung des Parametervektors die lokalen Maxima der Fehlerfunktion ermittelt werden müssen. Die Behandlung des nicht notwendigerweise rechteckigen zweidimensionalen Zustandsbereiches, ein Problem der nichtlinearen Optimierung, erfolgt dabei auf numerischem Weg in Form eines Näherungsverfahrens.

BWK443.2



### Beispiel

Die Funktionstüchtigkeit der vorgestellten Methode bei der Anpassung von Funktionen mit zwei unabhängigen Größen soll anhand der simultanen Approximation einer druck- und temperaturabhängigen Enthalpiegleichung  $h^*(p, T)$  und einer enthalpie- und druckabhängigen Temperaturgleichung  $T^*(h, p)$  für überhitzten Wasserdampf mit Drücken zwischen 9 und 16 MPa und Enthalpien vom Tautzustand bis ca. 2900 kJ/kg nachgewiesen werden [12]. Verwendung finden dabei Ansätze entsprechend einem Vorschlag von Willkommen [11]. Bild 2 zeigt den Verlauf der Differenzfunktion  $T^*\{h^*(p, T), p\} - T$ , also eines Konsistenzfehlers. Bild 3 den der Differenz der Enthalpiefunktion gegenüber der zugrundeliegenden Formulierung IFC 67, demnach eines Zustandsfehlers. Ziel dieser Darstellungen ist die Illustration der Verringerung der Konsistenzfehler durch si-

**Bild 3:** Zu Bild 2 gehörige Zustandsfehler in kJ/kg der approximierten Enthalpiegleichung  $h^*(p, T)$  im Vergleich zu IFC 67 nach der simultanen Approximation - Diagramm II (rechts) mit verdoppelter Konsistenzfehlerwichtung gegenüber Diagramm I (links)

BWK443.3

multane gleichmäßige Approximation. Betrachtet werden zwei Paare von approximierten Gleichungen, wobei sich nur die Werte der Koeffizienten, nicht aber die Gleichungsstrukturen unterscheiden. In Diagramm II ist bei der simultanen Approximation die Wichtung des Konsistenzfehlers doppelt so groß wie in Diagramm I gewählt worden. Das äußert sich in der Verringerung des maximalen Konsistenzfehlers von 0,28 K auf 0,20 K, was für eine Prozeßberechnung mit minimalen Temperaturschrittweiten von 0,25 K von großer Bedeutung wäre. In Bild 2, Diagramm II zeigt sich die gegenüber I gleichmäßigere Verteilung der Fehler derart, daß die waagrecht schraffierten Flächen ( $0,2 K > |K| > 0,1 K$ ) im Ausgleich zum Wegfall der eng schraffierten Bereiche ( $|K| > 0,2 K$ ) größer sind. „Erkauft“ wird dies allerdings durch einen Anstieg des maximalen Enthalpiefehlers von 1,31 auf 1,85 kJ/kg (Bild 3).

Erwähnt sei, daß bereits in Fall I der Konsistenzfehler deutlich geringer ist als bei herkömmlicher, separater Approximation der beiden Funktionen.

Eine ausführliche Dokumentation der ermittelten Gleichungen hätte den Umfang der Vorstellung des Approximationsverfahrens an dieser Stelle gesprengt. Es sei hier auf die Arbeit [12] verwiesen.

## Zusammenfassung

Mit der simultanen Approximation liegt ein Instrumentarium für die Aufstellung von konsistenten Zustandsgleichungen vor. Das Verfahren ist für

die Anpassung nichtlinearer Parameter mehrerer zweidimensionaler Funktionen an eine Originalfunktion geeignet. Zuvor wird die Struktur der Gleichungen mit einer Modifikation der Regressionsanalyse von Wagner optimiert. Die getrennte Wichtung von Zustands- und Konsistenzfehlern ermöglicht die Erstellung von konsistenten Vor- und Rückwärtsfunktionen. Am Beispiel der Erstellung einer Enthalpie- und einer Temperaturgleichung von überhitztem Wasserdampf werden die Leistungsfähigkeit des Verfahrens und die Unterschiede zu herkömmlichen Approximationsverfahren gezeigt.

Das Verfahren ist nicht an Zustandsgleichungen gebunden. Es kann für Approximationsaufgaben anderer Fachgebiete eingesetzt werden, bei denen mehrere Gleichungen, die miteinander in Verbindung stehen, zu erstellen sind.

## Schrifttum

- [1] Dittmann, A.; Zschunke, T.; Kretzschmar, H.-J.: Computer Code for the Generation of Optimized Algorithms to Calculate Thermophysical Properties of Water and Steam. In: The Properties of Water and Steam (Proc. of the 11th ICPS), ed. by M. Pichal and O. Sifner, Hemisphere Publ. Corp., New York (1990).
- [2] Grigull, U.: Properties of Water and Steam in SI-Units. 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin (1982).
- [3] Grigull, U.: NBS/NRC-Wasserdampfafeln. Springer-Verlag, Berlin (1988).
- [4] Jing, Z.; Fam, A.T.: An Algorithm for Computing Continuous Chebyshev Approximations. Mathem. of Computations **48** (1987) Nr. 178, S. 691/710.

- [5] Kretzschmar, H.-J.: Zur Aufbereitung und Darbietung thermophysikalischer Stoffdaten für die Energietechnik. Dissertation B, Technische Universität Dresden (1990).
- [6] Saul, A.: Eine Fundamentalgleichung für den fluiden Zustandsbereich von Wasser bis zu den Drücken von 25000 MPa und Temperaturen von 1273 K. VDI-Fortschrittsber. Reihe 3 (1988) Nr. 149.
- [7] Saul, A.; Wagner, W.: A Fundamental Equation for Water Covering the Range from the Melting Line to 1273 K at Pressures up to 25000 MPa. J. Phys. Chem. Ref. Data **18** (1989) Nr. 4, S. 1537/1563.
- [8] Setzmann, U.: Eine neue Methode zur Optimierung thermodynamischer Korrelationsgleichungen und ihre Anwendung zur Aufstellung einer Fundamentalgleichung für Methan. VDI-Fortschrittsber. Reihe 3 (1989) Nr. 192.
- [9] Setzmann, U.; Wagner, W.: A New Method for Optimizing the Structure of Thermodynamic Correlation Equations. Int. J. Thermophys. **10** (1989) Nr. 6, S. 1103/1126.
- [10] Wagner, W.: Eine mathematisch statistische Methode zum Aufstellen thermodynamischer Gleichungen – gezeigt am Beispiel der Dampfdruckkurve reiner fluider Stoffe. VDI-Fortschrittsber. Reihe 3 (1974) Nr. 39.
- [11] Willkommen, Th.; Zschunke, T.; Kretzschmar, H.-J.: Zur Aufstellung von konsistenten Zustandsgleichungen für überhitzten und gesättigten Wasserdampf. Energietechnik **41** (1991) Nr. 5.
- [12] Zschunke, T.: Simultane gleichmäßige Approximation mehrerer nichtlinearer Funktionen – Bestandteil der automatisierten Erstellung von vereinfachten thermophysikalischen Stoffwertgleichungen im Programm ECOFIT. Dissertation, Technische Universität Dresden (1990).
- [13] Zschunke, T.; Kretzschmar, H.-J.; Klinger, J.: WAREG – Ein Programm zur nutzerorientierten Erzeugung thermophysikalischer Stoffwert-Berechnungsalgorithmen für thermodynamische und thermohydraulische Prozeßmodellierungen. Kernenergie **32** (1989) Nr. 5, S. 198/205. BWK 443

## VDI/VDE 2040 Blatt 1

Berechnungsgrundlagen für die Durchflußmessung mit Blenden, Düsen und Venturirohren; Abweichungen und Ergänzungen zu DIN 1952

Die Richtlinie<sup>1)</sup> ergänzt die Norm DIN 1952 „Durchflußmessung mit Blenden, Düsen und Venturirohren in voll durchströmten Rohren mit Kreisquerschnitt (VDI-Durchflußmeßregeln)“.

Blatt 1 dieser Richtlinie enthält Angaben zu Auswirkungen auf die Durchflußmessung, wenn von den Festlegungen in DIN 1952 abgewichen werden muß, z.B. aufgrund baulicher Gegebenheiten. Es werden Einflüsse auf die Durchflußkoeffizienten erläutert,

wenn Drosselgerät, zugehörige Ein- und Auslaufstrecken, die Druckentnahmen oder die Strömungszustände von den Angaben in DIN 1952 abweichen. Weiterhin sind Empfehlungen für den Fall gegeben, daß Rohrdurchmesser oder Reynoldszahlen anders sind als die in der Norm zulässigen.

Weichen die tatsächlichen Rohr- und Öffnungsdurchmesser von Drosselgeräten von den berechneten bzw. den der Rechnung zugrunde gelegten Werten ab (z.B. durch erhebliche Toleranzen der Rohrdurchmesser), so kann mit Hilfe dieser Richtlinie eine Schätzung der dadurch entstehenden Abweichungen des Durchflusses vorgenommen werden.

Der Anhang enthält Diagramme, in denen der bleibende Druckverlust und

Unsicherheiten der Durchflußkoeffizienten als Funktion des Durchmesserhältnisses der verschiedenen Drosselgeräte darge-

stellt sind. Er enthält außerdem Protokollblätter zum Aufmessen von Meßstrecken mit Blenden oder Düsen. BWK 3220

## VDI 2047

Kühltürme; Begriffe und Definitionen

Es handelt sich um eine Arbeit mit dem Ziel, einen geordneten Sprachschatz von Fachwörtern auf dem Gebiet „Kühltürme“ zu entwickeln. Sie wurde von der Vereinigung Industrielle Kraftwirtschaft (V.I.K.), Essen, begonnen und von der VDI-Gesellschaft Energietechnik zu Ende geführt.

In die Neufassung der Richtlinie<sup>1)</sup> wurden vom Ausschuss vor allem die

Sachgebiete Naß-, Naß/Trocken- und Trockenkühltürme neu aufgenommen. Dabei wurde der Entwurf vom September 1973 unter Berücksichtigung neuester Erkenntnisse modifiziert.

Das Werk beinhaltet ca. 730 Begriffe in den Sprachen Englisch, Französisch und Spanisch. Ein Bildteil ergänzt es sinnvoll.

Durch die tabellarische Darstellungsweise und die alphabetische Reihenfolge der Begriffe finden Fachleute, wie Planer, Erbauer, Betreiber und Übersetzer, die mit dem Fachgebiet befaßt sind, hier eine wertvolle Dokumentation in Form eines Nachschlagewerkes. BWK 3219

<sup>1)</sup> Die Richtlinie ist in deutsch/englischer Fassung erschienen und ersetzt den Entwurf vom Dezember 1988. Herausgeber ist die VDI/VDE-Gesellschaft Meß- und Automatisierungstechnik, Düsseldorf. Sie ist erhältlich für 85,70 DM bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, W-1000 Berlin 30.

<sup>1)</sup> Die Richtlinie ersetzt den Entwurf vom September 1973. Herausgeber ist die VDI-Gesellschaft Energietechnik, Düsseldorf. Sie ist erhältlich für 186,- DM bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, W-1000 Berlin 30.