Tabelle 4.
Reaktor-, Stoff- und Betriebsdaten für Beispiel 2.

$d_R = 0,04 \text{ m}$	$\varepsilon_p = 0,43$	$m_{\text{Kat.}} = 37,7 \text{ g}$
$h_{\text{Schütt}} = 0,02 \text{ m}$	$d_p = 100 \mu\text{m}$	$P_c = 51 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$\rho_s = 1500 \text{ kg/m}^3$	$T = 523 \text{ K}$ (f. Stoffdaten)
	$\bar{c}_p = \sum x_{i0} c_{pi}(T)$	$V_0 = 7,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
	$\Delta H = -99 \cdot 10^3 \text{ J/mol}$	
	$\eta = 36,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/ms}$	

der in gleicher Weise wie bei Beispiel 1 durchgeführten Parameter-Ermittlung.

4 Diskussion

Beide Beispiele zeigen deutlich, daß bei kinetischen Untersuchungen, die normalerweise im Bereich von $\alpha = 20$ bis $\alpha = 200$ durchgeführt werden, mit der modifizierten Auswertemethode wesentlich genauere Parameter-Schätzwerte erhalten werden als beim herkömmlichen Auswerteverfahren. Die bei sehr hohen α -Werten wieder größer werdenden Abweichungen sind allein dem Druckeinfluß zuzuschreiben. Darüber hinaus war bei der Regression ein deutlich besseres Konvergenz-Verhalten festzustellen. Das gleiche Ergebnis wurde auch bei der Untersuchung komplexer Reaktionssysteme mit einer größeren Anzahl von Parametern erhalten. Außerdem erkennt man aus den Abbildungen, daß mit der modifizierten

Methode im Gegensatz zur herkömmlichen Methode auch noch bei kleinen α -Werten von 20 bis 40 zufriedenstellende Parameter-Werte erhalten werden.

Bei den mit den entsprechend unterschiedlichen Parameter-Sätzen ermittelten Reaktionsgeschwindigkeits-Werten sind allerdings durch Kompensationseffekte die Unterschiede nicht so deutlich, wenngleich auch hier die modifizierte Methode immer bessere Werte liefert.

In der Praxis sind die Meßwerte mit Fehlern behaftet. Es wurden daher die simulierten exakten Meßwerte mit einem normalverteilten Fehler verwechselt und mit diesen Werten, in gleicher Weise wie gezeigt, Parameter-Schätzwerte bestimmt. Auch in diesem Fall erwies sich die modifizierte Auswertemethode dem herkömmlichen Auswerteverfahren als deutlich überlegen. Zur Sicherstellung der statistischen Eigenschaften mußte jedoch eine größere Zahl von Versuchen simuliert werden [6].

Eingegangen am 6. Februar 1984 [K 656]

- [1] Luft, G.; Herberz, H.-A.: Chem.-Ing.-Tech. 11 (1969) S. 667.
 [2] Panteleev, V. A.; Beskov, V. S.: Kinet. Catal. 22 (1981) S. 822.
 [3] Wedel, S.; Villudsen, J.: Chem. Eng. Sci. 38 (1983) S. 1346.
 [4] Forsythe, G. E.; Malcolm, M. A.; Moler, C. B.: Computer Methods for Mathematical Computations, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1977.
 [5] Ergun, S.: Chem. Eng. Prog. 48 (1948) S. 89.
 [6] Weingart, G.: Diplomarbeit, Univ. Erlangen-Nürnberg 1983.

Empirische Stoffübergangsfunktion für die Heißlufttrocknung von Virginia-Tabak

Victor Passamai, Joachim Morhenne,
Wolfgang Leiner und Martin Fiebig*

Virginia-Tabak wird in geheizten Trockenkammern im Satzbetrieb getrocknet. Angestrebt wird ein Produkt mit tiefgelb-orangerötlicher Farbe sowie mit einem hohen Zuckergehalt. Während des 4 bis 8 d dauernden Trocknungsvorgangs wird die Temperatur im Trockner schrittweise von etwa 25 auf etwa 70°C erhöht; dabei sinkt die relative Luftfeuchte von nahezu Sättigung bis unter 20%.

Der für die gewünschte Produktqualität erforderliche zeitliche Verlauf von Temperatur und Luftfeuchte während des Trocknungsvorgangs läßt sich mit kleinen Einsatzmengen in Labortrocknern bestimmen.

1 Gekoppelter Wärme- und Stoffübergang

Der Wärmeübergang von der Umgebungsluft in das Innere des Tabakblatts und der Stoffübergang des Wassers aus dem Trockengut an die Umgebung werden durch je zwei äußere – zwischen Guts Oberfläche und Luft – und zwei innere – zwischen dem Inneren des Gutes und der Guts Oberfläche – Transportwiderstände für den Wärme- bzw. für den Stoffübergang kontrolliert. Wärme- und Stoffstrom sind durch die Verdampfungsenthalpie und gegebenenfalls durch Adsorptionsenergien gekoppelt.

Die Widerstände des äußeren Wärme- und Stofftransportes lassen sich bei ausreichender Kenntnis der Geometrie und der Strömungsverhältnisse berechnen oder abschätzen. Zur Beschreibung der inne-

ren Widerstände ist praktisch kein Modell befriedigend, wenn der Widerstand im Trockengut relativ groß ist (s. [1], S. 259 u. S. 273), wie im Fall der Tabaktrocknung.

Zur Vereinfachung wird angenommen:

1. Die Trockenmasse M_{tr} des Tabaks ändert sich nicht.
2. Der Wärmetransportwiderstand im Tabakblatt ist vernachlässigbar, die Temperatur T_T über dem Blattquerschnitt konstant.
3. Der Dampfdruck $p_{D,T}$ im Blatt ist gleich dem Sättigungsdampfdruck $p_S(T_T) \equiv p_{S,T}$, d. h. er wird nicht durch kapillare, osmotische oder Adsorptionskräfte erniedrigt.
4. Die Wärmekapazität des Trockengutes ist vernachlässigbar.

Die Masse $M_{\text{H}_2\text{O}}$ des im Tabak enthaltenen Wassers ist mit Annahme 1:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = M_T - M_{\text{tr}}; \quad \dot{M}_{\text{H}_2\text{O}} \equiv \frac{dM_{\text{H}_2\text{O}}}{dt} = \frac{dM_T}{dt} < 0.$$

Entsprechend gilt für den auf die Trockenmasse M_{tr} bezogenen Wassergehalt:

$$X \equiv M_{\text{H}_2\text{O}}/M_{\text{tr}} = M_T/M_{\text{tr}} - 1; \quad \dot{X} = \frac{dM_T}{M_{\text{tr}} dt} < 0. \quad (1)$$

Von der Luft wird an den Tabak der Wärmestrom $\dot{Q}$ übertragen:

$$\dot{Q} = A\alpha(T_L - T_T) = M_{\text{tr}}a\alpha(T_L - T_T), \quad (2)$$

wobei $a = A/M_{\text{tr}}$ die auf die Trockenmasse bezogene Oberfläche und α der Wärmeübergangskoeffizient ist. Vom Tabak wird an die Luft der Stoffstrom $-\dot{M}_{\text{H}_2\text{O}}$ übertragen:

$$-\dot{M}_{\text{H}_2\text{O}} = A\beta(p_{D,T} - p_{D,L}) = M_{\text{tr}}a\beta(p_{D,T} - p_{D,L}), \quad (3)$$

wobei $p_{D,L}$ der Partialdampfdruck in der umgebenden Luft und β der Stoffübergangskoeffizient zwischen dem Innern des Trockengutes und der Luft sind. Der auf die Trockenmasse bezogene Stoffdurchgangswiderstand $(a\beta)^{-1}$ setzt sich aus einem äußeren, konvektiven Anteil und einem inneren Kapillardiffusionsanteil zusammen:

$$\frac{1}{a\beta} = \frac{1}{a\beta_i} + \frac{1}{a\beta_a}. \quad (4)$$

* Prof. Adjunto Ing. V. Passamai, Departamento de Ciencias Exactas, Universidad Nacional Salta, Argentinien, Dipl.-Ing. J. Morhenne, Dr.-Ing. W. Leiner und Prof. Dr.-Ing. M. Fiebig, Institut für Thermo- und Fluidynamik der Ruhr-Universität Bochum, Postfach 10 21 48, 4630 Bochum-Querenburg.