



Waldemar Heinbichner (Autor)

# **CFD-basierte Modellierung von Wärme- und Stofftransportvorgängen in einer turbulent durchströmten Festbetschüttung aus Koks**

Waldemar Heinbichner

CFD-basierte Modellierung von  
Wärme- und Stofftransportvorgängen  
in einer turbulent durchströmten  
Festbetschüttung aus Koks



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7021>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	vii
Symbolverzeichnis .....	ix
1 Einleitung .....	1
1.1 Motivation .....	1
1.2 Zielsetzung .....	2
2 Stand des Wissens .....	3
2.1 Der Kupolofen .....	3
2.2 Koks .....	18
2.2.1 Koksherstellung .....	19
2.2.2 Eigenschaften von Koks .....	21
2.2.3 Kinetik des Koksumsatzes .....	28
2.3 Experimentelle Untersuchungen an nur mit Koks gefüllten Kupolöfen .....	37
2.4 Mathematische Modelle von Prozessen .....	41
3 Mathematische Modellierung .....	47
3.1 Positionierung des angestrebten Modells .....	47
3.2 Verwendete Grundgleichungen der Strömungsmechanik .....	48
3.3 Gleichungen zur Beschreibung der Vorgänge im Koks .....	53
3.3.1 Impulstransport .....	54
3.3.2 Stoffumsatz .....	56
3.3.3 Wärmetransport .....	58
3.3.4 Behandlung der Grenzfläche .....	60
3.3.5 Modellrechnungen für Koksumsatz .....	61
3.4 Gleichungen zur Beschreibung der Gasströmung .....	67
3.4.1 Beschreibung der Turbulenz .....	67
3.4.2 Das SST-k- $\omega$ -Modell .....	76
3.4.3 Impulstransport .....	78
3.4.4 Massenbilanz .....	78
3.4.5 Wärmetransport .....	79
3.4.6 Verbrennung von Kohlenstoffmonoxid .....	79
3.5 Netz-Parameterstudie .....	86
4 Berechnung der Festbettgeometrie .....	89
4.1 Diskrete-Elemente-Methode .....	89
4.2 Partikeleigenschaften .....	90
4.3 Geometrie .....	91
4.4 Partikelverkleinerung aufgrund des chemischen Abbaus .....	92
4.5 Berechnung und Ergebnisse .....	94



5 Vernetzung der Festbettgeometrie .....	97
5.1 Geometrieaufbereitung .....	97
5.2 Anforderungen an das numerische Gitter .....	97
5.3 Ergebnisse der Vernetzung.....	99
6 Strömungsberechnung .....	101
6.1 Finite-Volumen-Methode.....	101
6.2 Der Lösungsprozess .....	101
6.3 Parallelisieren der Berechnungsaufgabe .....	103
6.4 Randbedingungen.....	104
6.5 Anfangsbedingungen .....	105
7 Ergebnisse und Diskussion .....	107
7.1 Lösungsverhalten.....	107
7.2 Gegenüberstellung von Berechnungs- und Messergebnissen.....	107
7.2.1 Versuchsofen nach A. W. Belden .....	108
7.2.2 Versuchsofen nach A. B. Draper .....	117
7.2.3 Versuchsofen nach I. J. Petrovski .....	122
7.3 Variationsrechnungen an einer 2D-Geometrie.....	125
7.3.1 Geometrie und Randwerte .....	125
7.3.2 Ergebnisse .....	126
8 Ausblick .....	137
Literaturverzeichnis .....	139
A Anhang.....	153
A.1 Beziehung zwischen CRI und $k_m$ .....	153
A.2 Messergebnisse aus Untersuchungen nur mit Koks gefüllter Kupolöfen .....	155
A.3 Wärmetechnischer Einfluss der Windfeuchte .....	159
A.4 Formulierungen im SST-k- $\omega$ -Modell .....	160