Michael Horn (Autor)

Zur Modellierung partikulärer elektro-fluiddynamischer Strömungen

https://cuvillier.de/de/shop/publications/869

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Grundlagen **3**

2.1 Der Partikeltransport . . . 3

2.1.1 Beschreibung . . . 3

2.1.2 Prozessanalyse . . . 6

2.2 Das raumladungsbehaftete elektrische Feld . . . 8

2.2.1 Die Physik des elektrischen Feldes . . . 8

2.2.2 Methoden bei der Simulation raumladungsbehafteter elektrischer Felder . 10

2.3 Das turbulente Strömungsfeld . . . 13

2.3.1 Physikalische Grundlagen . . . 13

2.3.2 Turbulenzmodellierung . . . 15

2.3.3 Wandbehandlung . . . 19

2.4 Die Modellierung des Partikeltransports . . . 24

2.4.1 Einleitung zur Partikelbewegung . . . 24

2.4.2 Bewegungsgleichung einer Partikel . . . 26

2.4.3 Aufladungskinetik von Partikeln . . . 28

2.4.4 Die Fluid-Partikel Kopplung . . . 30

2.4.5 Die Partikel-Fluid Kopplung . . . 34

3 Konzept und Zielsetzung **39**

3.1 Stand des Wissens . . . 39

3.2 Fokus der Teilbereiche und der Gesamtmodellierung . . . 41

4 Modellierung und Simulation des elektrischen Feldes **45**

4.1 Modellierungsansatz und Problemdefinition . . . 45

4.1.1 Vorarbeiten zur Modellierung . . . 45

4.1.2 Geometrischer Aufbau der Elementarzellen . . . 47

4.1.3 Beschreibung des Simulationsmodells . . . 48

4.1.4 Beschreibung der Randbedingungen bei der Simulation des elektrischen Feldes . . . 50

4.2 Experimentelle Untersuchungen . . . 52

4.2.1 Experimentelle Methoden . . . 52

4.2.2 Experimentelle Ergebnisse . . . 55

4.3 Numerische Ergebnisse . . . 60

4.3.1 Prinzipielle Ergebnisse der numerischen Simulation . . . 60

4.3.2 Quantitative Auswertung der numerischen Simulation . . . 62

4.4 Modellierung der elektrischen Randbedingungen . . . 67

4.4.1 Herleitung der geometrieabhängigen Modellierung . . . 67

4.4.2 Dimensionsanalyse 69
4.4.3 Geometrieunabhängige Modellierung 71

5 Partikelabscheidung in turbulenten Grenzschichtströmungen 73
5.1 Problemstellung der Simulation bei der Abscheidung in turbulenten Grenzschichten 73
5.1.1 Regime der Partikelabscheidung 73
5.1.2 Modellierung der wandnahen Bereiche bei der Partikelabscheidung 75
5.2 Übersicht über die Umsetzung der Turbulenzmodellierung in Grenzschichten . . 76
5.2.1 Anwendung der Turbulenzmodellierung in Grenzschichten in der CFD . . 76
5.2.2 Relevanz der Modellierung 78
5.3 Simulation der Abscheidung 81
5.3.1 Beschreibung der Simulation 81
5.3.2 Ergebnisse der Simulation 84
5.4 Diskussion der simulierten Abscheidung 87

6 Aspekte des Konvergenzverhaltens bei der Zwei-Wege-Kopplung 91
6.1 Effiziente Modellierung von Mehrphasenströmungen 91
6.2 Ablauf des Simulationsprozesses 93
6.2.1 Kopplung zwischen fluider und partikulärer Phase 93
6.2.2 Modellierung der dispersen Phase 94
6.3 Ergebnisse der numerischen Simulationen 101

7 Untersuchungen zur Partikelabscheidung im elektrischen Feld 107
7.1 Vorgehen bei der Validierung der Abscheidung 107
7.2 Experimentelle Versuche zur Partikelabscheidung 108
7.2.1 Experimenteller Versuchsaufbau zur Abscheidung 108
7.2.2 Ergebnisse zur experimentellen Abscheidung 111
7.3 Numerische Simulation des elektrischen Abscheideprozesses 113
7.3.1 Simulation der Temperaturverteilung im Abscheider 113
7.3.2 Simulation des elektrischen Feldes im Abscheider 116
7.3.3 Strömungssimulation bei der Abscheidung im elektrischen Feld 119
7.3.4 Simulation der Abscheidung im elektrischen Feld 120

8 Zusammenfassung und Ausblick 125

9 Literaturverzeichnis 128

10 Symbolverzeichnis 147
10.1 Liste der verwendeten Abkürzungen 147
10.2 Dimensionslose Kennzahlen 148
10.3 Lateinische Symbole 148
10.4 Griechische Symbole 151

10.5 Hochgestellte Zeichen 152
10.6 Tiefgestellte Zeichen 153

11 Anhang **155**
11.1 Einfluss der Mobilität auf das elektrische Feld 155
11.1.1 Modellierung der Ionenmobilität nach Lawless 155
11.1.2 Simulationsergebnis mit veränderter Mobilität bei trockener Luft 156
11.1.3 Geometrieabhängige Modellierung bei Versuchen mit feuchter Luft 158
11.2 Erläuterungen zur Einsteinschen Summennotation 159
11.3 Übersicht über die verwendeten numerischen Gitter 160
11.3.1 Numerische Gitter der elektrischen Charakterisierung 160
11.3.2 Numerische Gitter zur Partikelabscheidung in turbulenten Grenzschichten 161
11.3.3 Numerische Gitter zur Simulation der Zwei-Wege-Kopplung 161
11.3.4 Numerische Gitter zur Simulation der Abscheidung in einem Labor-Elektroabscheider 162
11.4 Parameter zur temperaturabhängigen Umsetzung der dimensionslosen Fit-Funktion 163
11.5 Übersicht der verwendeten Modellierungen bei der Partikelabscheidung bei höheren Temperaturen 163
11.6 Schema des Abscheiders 164
11.7 Abscheidung mit Ruß 166
11.7.1 Experimentelle Charaktersierung der Rußpartikel 166
11.7.2 Simulation der Abscheidung von Ruß 169