

Dipl.-Ing. Matthias Laux, Wiesloch

Direkte Simulation verdünnter, reagierender Strömungen

Reihe **7**: Strömungstechnik

Nr. **303**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Größen und Bezeichnungen	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	4
1.3 Struktur der Arbeit	6
2 Die DSMC-Methode	8
2.1 Grundlagen der DSMC-Methode	8
2.1.1 Strömungssimulationen	10
2.1.2 Reservoirsimulationen	12
2.1.3 Behandlung der Stoßprozesse	13
2.1.4 Zufallszahlen	13
2.2 Physikalische Grundlagen der Stoßprozesse	16
2.2.1 Zustandssummen und Freiheitsgrade	16
2.2.2 Translations-, Rotations- und Vibrationstemperatur	20
2.2.3 Verteilungsfunktionen für innere Freiheitsgrade	21
2.2.4 Mikroskopische Reversibilität und Detailed Balancing	22
2.3 Stoßprozesse	23
2.3.1 Modell für Stoßquerschnitt	23
2.3.2 Stoßwahrscheinlichkeit	24
2.3.3 Teilchenauswahl für Stoßprozesse	26
2.4 Relaxationsprozesse	29
2.5 Chemische Reaktionen	33
2.5.1 Vorbemerkungen	33
2.5.2 CVD-Effekte	34
2.5.3 Ablaufschema	35
2.5.4 Dissoziationsreaktionen	36
2.5.5 Austauschreaktionen	41

2.5.6	Rekombinationsreaktionen	42
2.6	Gas-Oberflächen-Wechselwirkung	46
2.6.1	Physikalisch-mathematische Grundlagen	46
2.6.2	Verallgemeinertes Maxwell-Modell	53
2.6.3	Hurlbut-Sherman-Nocilla-Modell (HSN)	54
2.6.4	Cercignani-Lampis-Modell (CL)	56
2.6.5	Heterogene Wandreaktionen	58
3	Geometrische Aspekte	62
3.1	Gittergenerierung	62
3.1.1	Vorbemerkungen	62
3.1.2	Vorgabe der Randkontur	64
3.1.3	Erzeugung des Gitters	65
3.1.4	Optimierung des Gitters	67
3.1.5	Anwendungsbeispiel	68
3.1.6	Adaption des Gitters	69
3.2	Randbedingungen	72
3.2.1	Vorgabe der Randbedingungen	72
3.2.2	Adaption der Randbedingungen	73
3.3	Simulationsmechanismen für Teilchen	78
3.3.1	Teilchenerzeugung	78
3.3.2	Teilchenverfolgung	80
4	Validierung und Ergebnisse	83
4.1	Validierung der GSI-Modelle	84
4.1.1	Freimolekulare Testfälle	84
4.1.2	Kreiszyylinder-Umströmung $0 < Kn < \infty$	92
4.2	Validierung der adaptiven Ränder	94
4.2.1	Adaption mit Randbedingung für p_{stat}	94
4.2.2	Adaption ohne Randbedingung für p_{stat}	95
4.3	Validierung des Chemiemodells	97
4.4	Heiße Unterschallströmung	100
4.5	Hyperschallströmungen	102
4.5.1	Zylinderumströmung	102
4.5.2	Zylinderumströmung (HERMES-Wiedereintritt)	104
4.5.3	Stumpfer 70° -Konus	108

5	Vorschlag eines Flugexperimentes	112
6	Zusammenfassung	116
A	Chemiemodell Luft	118
	Literaturverzeichnis	120