

Inhaltsverzeichnis

Symbole	iii
Abbildungen	vii
Tabellen	xi
1 Einleitung	1
2 Wissenschaftlicher Kenntnisstand	5
2.1 Selektive katalytische Reduktion	5
2.2 Aufbereitung von Ammoniak aus Harnstoff-Wasser-Lösung	7
2.3 Sprayverdunstung von Harnstoff-Wasser-Lösung	16
2.3.1 Grundlegende Modellierung der Tropfenverdunstung	16
2.3.2 Bedeutung des Wärme- und Stofftransports im Tropfen	24
2.3.3 Charakterisierung der Verdunstung von Harnstoff-Wasser-Lösung	29
2.3.4 Experimentelle Untersuchungen zur Verdunstung einzelner Tropfen	32
2.3.5 Experimentelle Untersuchungen zur Verdunstung von Sprays	35
2.4 Bildgebende Messtechnik zur Spraycharakterisierung	37
2.5 Zielsetzung der Arbeit	40
3 Generischer Abgasstrang für hohe Druck- und Temperaturbedingungen	43
3.1 Auswahl und Integration des Zerstäubers	43
3.2 Definition der Betriebsbedingungen	46
3.3 Messstrecke zur Untersuchung der Sprayverdunstung	48
4 Spraycharakterisierung mittels mikroskopischer Bildgebung	51
4.1 Grundprinzip der mikroskopischen Bildgebung	52
4.2 Herausforderungen bei hohen Druck- und Temperaturbedingungen	54
4.2.1 Reduzierung der Schlierenbildung	54
4.2.2 Korrektur des Astigmatismus	56
4.3 Auswertung von Tropfengröße und -geschwindigkeit	58
4.3.1 Detektierung der Tropfen	59
4.3.2 Kalibrierung der Tropfengröße	60
5 Experimentelle Ergebnisse	67
5.1 Grundlegende Eigenschaften des Sprays im generischen Abgasstrang	67
5.2 Charakterisierung des Sprays im Nahbereich des Zerstäubers	71
5.2.1 Korrelationen zwischen Größe, Geschwindigkeit und Position der Tropfen	71
5.2.2 Ableitung von Startbedingungen numerischer Simulationen	76
5.3 Charakterisierung des Strömungsfelds der Gasphase	78
5.3.1 Bestimmung der Geschwindigkeit der Gasphase	79
5.3.2 Statistische Analyse von Geschwindigkeitsschwankungen	82

5.4	Charakterisierung der Sprayverdunstung	88
5.4.1	Einfluss des Wasserdampfanteils in der Gasphase	89
5.4.2	Untersuchung der Verdunstung von Harnstoff-Wasser-Lösung	91
6	Validierung numerischer Modelle und Simulationen	99
6.1	Validierung eines numerischen Modells der Sprayverdunstung	99
6.2	Ausblick auf die Validierung numerischer Simulationen	105
7	Zusammenfassung	107
	Literatur	109
	Betreute studentische Arbeiten	122
	Anhang	125
A.1	Stoffeigenschaften der Gasphase	125
A.1.1	Dichte	125
A.1.2	Diffusionskoeffizient	125
A.1.3	Spezifische Wärmekapazität	126
A.1.4	Viskosität	127
A.1.5	Wärmeleitfähigkeit	128
A.2	Stoffeigenschaften der Tropfen	128
A.2.1	Dichte	128
A.2.2	Diffusionskoeffizient	129
A.2.3	Sättigungsdampfdruck	131
A.2.4	Spezifische Wärmekapazität	133
A.2.5	Verdunstungsenthalpie	134
A.2.6	Wärmeleitfähigkeit	135
A.3	Ergänzungen zur Bedeutung des Wärme- und Stofftransports im Tropfen	136
A.4	Technische Zeichnung der eingesetzten Zweistoffdüse	139
A.5	Darstellung einer eingesetzten Kalibrierplatte	139
A.6	Messunsicherheit nach Kalibrierung der Tropfengröße	140
A.7	Zusammenfassung der wesentlichen Validierungsdaten in Tabellen	141
A.8	Ergänzungen zur Bestimmung des Limits der Wasserverdunstung	144
	Publikationsliste	145