

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbole</b>	<b>iii</b>
<b>Abbildungen</b>	<b>vii</b>
<b>Tabellen</b>	<b>xi</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Wissenschaftlicher Kenntnisstand</b>	<b>5</b>
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
<b>3 Generischer Abgasstrang für hohe Druck- und Temperaturbedingungen</b>	<b>43</b>
3.1 Auswahl und Integration des Zerstäubers . . . . .	43
3.2 Definition der Betriebsbedingungen . . . . .	46
3.3 Messstrecke zur Untersuchung der Sprayverdunstung . . . . .	48
<b>4 Spraycharakterisierung mittels mikroskopischer Bildgebung</b>	<b>51</b>
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
<b>5 Experimentelle Ergebnisse</b>	<b>67</b>
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
<b>6</b>	<b>Validierung numerischer Modelle und Simulationen</b>	<b>99</b>
6.1	Validierung eines numerischen Modells der Sprayverdunstung . . . . .	99
6.2	Ausblick auf die Validierung numerischer Simulationen . . . . .	105
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>107</b>
	<b>Literatur</b>	<b>109</b>
	<b>Betreute studentische Arbeiten</b>	<b>122</b>
	<b>Anhang</b>	<b>125</b>
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
	<b>Publikationsliste</b>	<b>145</b>