

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellen	vii
Symbole	viii
1 Einleitung	1
1.1 Einführung und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Zerfall von Flüssigkeitsfilmen in der technischen Anwendung	3
2.1.1 Brennstoffzerstäubung	3
2.1.1.1 Drall-Druckzerstäuber	3
2.1.1.2 Luftgestützte Filmzerstäuber	5
2.1.1.3 Filmzerfall im Ventilsplatt von Ottomotoren	6
2.1.2 Verfahrenstechnik	6
2.1.2.1 Flachstrahlzerstäuber	7
2.1.2.2 Rotations-Zerstäuber	7
2.2 Abgrenzung verschiedener Mechanismen des Flüssigkeitszerfalls	8
2.2.1 Einteilung des Strahlzerfalls	8
2.2.2 Einteilung des Filmzerfalls	11
2.3 Experimenteller Kenntnisstand zum Zerfall von Flüssigkeitsfilmen	12
2.3.1 Visualisierung des Zerfalls und der Sprühstrahlausbreitung	12
2.4 Ansätze zur quantitativen Beschreibung des Filmzerfalls	19
2.4.1 Empirische Korrelationen	19
2.4.2 Analytische Berechnungen	22
2.4.2.1 Lineare Stabilitätstheorie	23
2.4.2.2 Nichtlineare Stabilitätstheorie	26
2.4.3 Ansätze aus der Informationstheorie	27
2.4.4 Simulation freier Oberflächen	28
2.4.5 Zusammenfassende Bewertung der bekannten Ansätze	29

3 Versuchsaufbau und Messtechnik	31
3.1 Versuchsstand und Modellzerstäuber	31
3.1.1 Transparenter Strömungskanal	31
3.1.2 Ebener Modellzerstäuber	32
3.1.3 Untersuchte Flüssigkeiten	34
3.2 Entwicklung und Adaption der Messtechnik	35
3.2.1 Visualisierung des Filmzerfalls	35
3.2.1.1 Aufbau der Hochgeschwindigkeitskamera	36
3.2.1.2 Optischer Versuchsaufbau zur Visualisierung	37
3.2.1.3 Bestimmung der Fragment-Geometrien	38
3.2.2 Standard Laser Doppler Anemometrie	40
3.2.3 Fluoreszenz Laser Doppler Anemometrie	41
3.2.4 LDA / FLDA -Versuchsaufbau am Strömungskanal	45
3.2.5 Phasen Doppler Analyzer	47
3.2.5.1 Physikalisches Prinzip des PDA	47
3.2.5.2 Optischer Aufbau des Standard PDA	51
3.2.5.3 Optischer Aufbau des Dual-Mode PDA	54
3.2.5.4 Analyse und Auswertung der PDA-Rohdaten	57
3.2.6 Untersuchung der Filmdicke	58
4 Experimentelle Ergebnisse	62
4.1 Visualisierung des Flüssigkeitszerfalls	62
4.1.1 Hochgeschwindigkeits-Visualisierung der Ligamentbildung	62
4.1.2 Mikroskopische Untersuchung des Ligamentzerfalls	65
4.1.2.1 Einzelaufnahmen des stationären Filmzerfalls	65
4.1.2.2 Einfluss der Gasgeschwindigkeit	65
4.1.2.3 Einfluss der Stoffeigenschaften	66
4.1.2.4 Einfluss der Filmbeladung	67
4.1.2.5 Phasen des Ligamentzerfalls	67
4.2 Quantitative Untersuchungen am ebenen Modellzerstäuber	71
4.2.1 Bestimmung der geometrischen Abmessungen der Ligamente	71
4.2.1.1 Vermessung der Ligamentbreite	71
4.2.1.2 Vermessung der Ligamenthöhe	74
4.2.2 Untersuchung des schubspannungsgetriebenen Wandfilms	75
4.2.2.1 Struktur des Wandfilms	76

4.2.2.2	Höhe und Geschwindigkeit des Wandfilms	77
4.2.3	Untersuchung des Gasströmung im Bereich des Filmzerfalls	81
4.2.3.1	Untersuchung der Gasströmung ohne Filmbeladung	81
4.2.3.2	Ermittlung der Grenzflächenschubspannung	83
4.2.3.3	Einfluss der Filmbeladung auf die Gasgeschwindigkeit im Zerfallsbereich	86
4.2.4	Analyse der Tropfengrößen und -geschwindigkeiten	90
4.2.4.1	Verlauf der den Sprühstrahl charakterisierenden Größen	90
4.2.4.2	Einfluss der Gasgeschwindigkeit auf den Sprühstrahl	92
4.2.4.3	Einfluss der Filmbeladung auf die Tropfengrößen	95
4.2.4.4	Einfluss der Stoffeigenschaften auf den Sprühstrahl	98
5	Modellbildung zum Primärzerfall	102
5.1	Beschreibung des Zerfalls	102
5.2	Einsatz von Sekundärzerfalls-Modellen	103
6	Validierung des Zerfallsmodells	106
6.1	Numerische Simulation der Zweiphasen-Strömung	106
6.1.1	Iterative Kopplung der Programmpakete METIS und LADROP2	106
6.1.2	Rechengitter zur Simulation der Filmlegerumströmung	107
6.2	Simulation der Sprühstrahlausbreitung	108
7	Zusammenfassung	111
	Literatur	120