

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>vi</b>
<b>Tabellen</b>	<b>vii</b>
<b>Symbole</b>	<b>viii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung und Problemstellung . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	1
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>3</b>
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 Ventilspalt 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

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

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
<b>5</b>	<b>Modellbildung zum Primärzerfall</b>	<b>102</b>
5.1	Beschreibung des Zerfalls . . . . .	102
5.2	Einsatz von Sekundärzerfalls-Modellen . . . . .	103
<b>6</b>	<b>Validierung des Zerfallsmodells</b>	<b>106</b>
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
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>111</b>
<b>Literatur</b>		<b>120</b>