

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Vorgehen	2
2	Stand der Technik und Forschung	5
2.1	Fahrzeugeigenverschmutzung	5
2.1.1	Grundlegende Prozesse und Mechanismen	5
2.1.2	Tropfeninteraktion, Benetzung und Filmbildung	9
2.1.3	Betroffene Bauteile und Folgen	16
2.1.4	Ansätze zur experimentellen Betrachtung	18
2.1.5	Ansätze zur simulativen Betrachtung	21
2.2	Tropfenaufwurf bei einem rotierenden Fahrzeugreifen	25
2.2.1	Grundlegende Prozesse und Mechanismen	26
2.2.2	Ansätze zur simulativen Betrachtung	34
3	Tropfenaufwirbelvorgang bei einem Fahrzeugreifen	39
3.1	Benetzung der Reifenoberfläche	40
3.2	Kräftebetrachtung beim Tropfenaufwirbelvorgang	42
3.3	Tropfenentstehungsprozess an der Reifenoberfläche	45
3.3.1	Analogie zwischen einem rotierenden Fahrzeugreifen und einem Rotationszerstäuber	45
3.3.2	Experimentelle Betrachtung	47
3.3.3	Rayleigh-Taylor-Instabilität	49
3.3.4	Rayleigh-Plateau-Strahlzerfall	50

3.3.5	Zusammenfassung des Tropfenentstehungsprozesses an der Reifenoberfläche	52
3.4	Tropfenentstehungsprozess zwischen der Reifenoberfläche und der Fahrbahn	53
4	Experimentelle Untersuchung des Tropfenfeldes eines Einzelreifens	57
4.1	Versuchsumgebung	57
4.2	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	59
4.3	Messtechnik	62
4.3.1	Laser	62
4.3.2	Tropfengröße	62
4.3.3	Tropfengeschwindigkeit	63
4.4	Experimentelle Ergebnisse	65
4.4.1	Reifengeschwindigkeit	65
4.4.2	Umfangswinkel am Reifen	68
4.4.3	Reifenprofil	70
4.5	Vergleichbarkeit mit einem PKW-Reifen	78
4.6	Vergleich zu vorangegangenen Untersuchungen	79
5	Numerische Verfahren	81
5.1	Physikalische Grundlagen	81
5.1.1	Massenerhaltung	81
5.1.2	Impulserhaltung	82
5.1.3	Energieerhaltung	83
5.2	Finite-Pointset-Method (FPM)	83
5.2.1	Spezifische Grundlagen	84
5.2.2	Funktionsweise	85
5.3	Star-CCM+	89
5.3.1	Reynolds-Average-Navier-Stokes-Gleichungen	89
5.3.2	Improved-Delayed-Detached-Eddy-Simulation	90
5.3.3	Modellierung von Tropfen und Film	92
6	Numerische Simulation des Tropfenaufwirbelvorganges eines Einzelreifens	95
6.1	Modellaufbau und Randbedingungen	96
6.2	Studie zur Glättungslänge	100
6.3	Vorgehen bei der Auswertung	102
6.4	Ergebnisse	104
6.4.1	Tropfenentstehungsprozess	105

6.4.2	Auswertung des entstehenden Tropfenfeldes	113
6.5	Zusammenfassung und Diskussion der numerischen Ergebnisse	124
6.6	Weiteres Vorgehen	125
7	Numerische Simulation der Gesamtfahrzeug-Eigenverschmutzung	129
7.1	Modellaufbau und Tropfenrandbedingungen	129
7.1.1	Modellaufbau und Randbedingungen	129
7.1.2	Tropfenrandbedingung	133
7.2	Gitterkonvergenzstudie	135
7.3	Validierungsversuche Gesamtfahrzeug-Eigenverschmutzung	136
7.4	Ergebnisse	137
8	Schlussfolgerungen und Ausblick	145
	Literaturverzeichnis	151