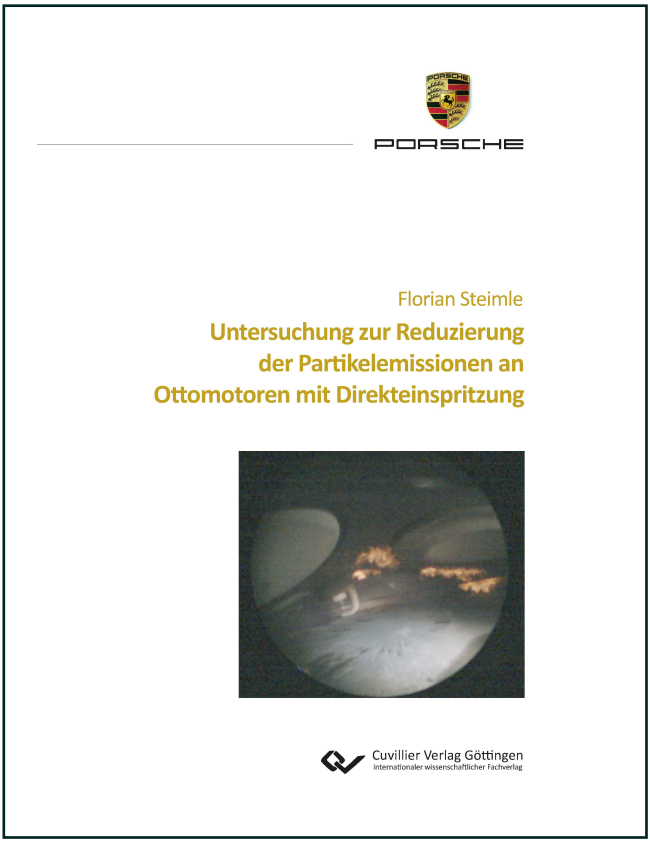
Florian Steimle (Autor)

Untersuchung zur Reduzierung der Partikelemissionen an Ottomotoren mit Direkteinspritzung



https://cuvillier.de/de/shop/publications/6680

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort V

Inhaltsverzeichnis VII

Formelzeichen und Abkürzungen X

Formelzeichen X

Indizes XI

Abkürzungen XII

1 Einführung 1

1.1 Abgasgesetzgebungen 1

1.2 Gesundheitsgefährdung durch Partikelemissionen 2

2 Partikelemissionen und ihre Messung: Grundlagen 3

2.1 Partikelemissionen 3

2.1.1 Partikel- und Rußemissionen: Physikalische und chemische Grundlagen der Formation und Oxidation 4

2.1.2 Partikelemissionen im Motorbetrieb 12

2.2 Partikelmesstechnik 13

2.2.1 Gesetzgebung UN-ECE Regulation No. 83 13

2.2.2 Kondensationspartikelzähler (PMP-konform) 14

2.2.3 Engine Exhaust Particle Sizer Spectrometer (EEPS) 15

2.2.4 Micro Soot Sensor 17

2.2.5 Optische Messtechnik 18

2.3 Partikelrelevante Themen ottomotorischer Gemischbildungs- und Verbrennungsverfahren 25

2.3.1 Betriebsstrategien und Brennverfahren beim Ottomotor 25

2.3.2 Grundlagen der Gemischbildung 28

2.3.3 Konzepte zur Kraftstoffaufbereitung 33

2.3.4 Injektorablagerungen: Ursache, Wirkung und Vermeidung 35

3 Technologische Ansätze zur Reduzierung der Partikelemissionen direkteinspritzender Ottomotoren 37

4 Zielsetzung der Arbeit 38

5 Verbrennungsentwicklung zur Reduzierung der Partikelemissionen direkteinspritzender Ottomotoren 39

5.1 Partikelemissionen beim direkteinspritzenden Ottomotor: Herkunft und Ursachen 39

5.2 Partikelrelevanter Versuchs- und Bewertungsraum 43

5.2.1 Katalysatorheizbetrieb 43

5.3 Methoden zur innermotorischen Reduzierung der Partikelemissionen bei wechselwirkenden Einflussparametern 45

5.3.1 Quasi-dimensionales Entwicklungstool basierend auf phänomenologischen Ansätzen (PAG Spray and Impact Tool) 46

5.4 Motorische Einflussgrößen auf (stationäre) Partikelemissionen 53

5.4.1 Grundmotorgeometrie 53

5.4.2 Verdichtungsverhältnis 56

5.4.3 Brennverfahren / Injektorlage 59

5.4.4 Injektorauslegung (zentrale Lage) und Phänomene der innermotorischen Partikelentstehung 66

5.4.5 Ladungsbewegung durch Ventiltriebsvariabilitäten 77

5.5 Übertrag der Erkenntnisse auf den dynamischen Fahrbetrieb 79

5.5.1 Optimierter Einsatz verfügbarer Messtechnik 79

5.5.2 Gesamtansatz zur Reduzierung der Partikelemissionen im dynamischen Fahrbetrieb 80

5.6 Ansätze zur Stabilisierung der Partikelemissionen über Laufzeit (Phänomenologie des Partikelanzahl- und -massendrifts durch Injektorablagerungen) 90

5.6.1 Klassifizierung und Auswirkung unterschiedlicher Injektorablagerungen am Mehrlochventil 90

5.6.2 Entstehung der Injektorablagerungen und des Partikeldrifts am Mehrlochventil 91

5.6.3 Injektorablagerungen u. Partikeldrift bei der A-Düse 92

5.6.4 Einflussgrößen auf die Injektorablagerungen am Beispiel des Mehrlochventils 93

5.6.5 Untersuchungen des Injektor Tip Wetting 94

5.6.6 Einfluss des Injektorthermomanagements auf die Ablagerungsbildung und den Partikeldrift 103

5.6.7 Einfluss der Injektorfertigungsverfahren (Oberflächengüte) auf die Ablagerungsbildung und den Partikeldrift 110
5.6.8 Bewertung unterschiedlicher Optimierungsmaßnahmen und Technologiestufen am Mehrlochventil hinsichtlich Ablagerungsbildung und Partikeldrift 112
5.6.9 Kraftstoffeinfluss auf die Ablagerungsbildung und den Partikeldrift in Abhängigkeit des Tip Wetting und Injektorthermomanagements 115
5.6.10 Einfluss der Einspritzstrategie auf die Ablagerungsbildung, das Tip Sooting und den Partikeldrift 117
5.6.11 Einfluss unterschiedlicher Injektorlagen und Ladungsbewegungskonzepte auf das Strömungsfeld vor der Injektorspitze (3D CFD-Simulation) 120
6 Zusammenfassung 122
7 Anhang 126
7.1 Versuchsträger 126
7.2 Versuchseinrichtungen, Messtechnik und Tools 127
7.2.1 Motorische Untersuchungen 127
7.2.2 Sprayuntersuchungen am Einspritzprüfstand 128
7.2.3 Mikroskopaufnahmen der Injektorspitze 129
7.2.4 CT- und REM-Aufnahmen der Injektorspitze 130
7.2.5 PAG Spray and Impact Tool 130
7.2.6 Simulation des Temperaturfeldes an der Injektorspitze 130
7.2.7 Simulation des Strömungsfeldes vor der Injektorspitze 132
7.2.8 Ladungswechselrechnung und Druckverlaufsanalyse 132
7.3 Abgasgesetzgebungen 132
7.4 PAG Spray and Impact Tool 133
7.4.1 3D CFD Simulation in emissionsrelevanten Betriebspunkten 133
7.4.2 Kalibrierung und Validierung der phänomenologischen Modelle im PAG Spray and Impact Tool 134
7.4.3 Simulation der Einlassventilbenetzung 138
7.5 Applikationsstrategien 138
7.6 Einflussgrößen auf die Injektorablagerungen am Bsp. des MLV 139
7.7 Injektorthermomanagement 143
7.8 Kraftstoffsiedeverhalten 144
Literaturverzeichnis 145