
Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis	XVIII
Abkürzungsverzeichnis	XXII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Gliederung der Arbeit	3
2 Grundlagen und Stand der Technik	5
2.1 Grundlagen der Antriebsstrangentwicklung	5
2.1.1 Entwicklungsprozess und -methodik	6
2.1.2 Entwicklungsumgebungen	7
2.2 Systemtopologie von Motor- und Antriebsprüfständen	9
2.2.1 An- und Abtriebskonfiguration	9
2.2.2 Automatisierungssystem und Regelung	10
2.2.3 Medienversorgung und -konditionierung	12
2.2.4 Messtechnik und Datenübertragung	13
2.2.5 Restbussimulation	18
2.2.6 Sonstige Systeme	19
2.3 Schadstoffemissionen von Ottomotoren	21
2.3.1 Gasförmige Emissionen	22
2.3.2 Partikelemissionen	33
2.4 Emissionsgesetzgebung	39

2.4.1	Historische Entwicklung	39
2.4.2	Aktueller Stand	40
2.5	Entwicklungsmethodiken und -plattformen für die RDE-Emissionierung	46
2.5.1	Auswirkungen von RDE auf die Emissionierung	46
2.5.2	Entwicklungsmethodiken für die RDE-Emissionierung	49
3	Ziele und Inhalte dieser Arbeit	57
4	Erhöhung der RDE-Absicherungskonfidenz durch schadstoff- und antriebs-spezifische Fahrzyklen	63
4.1	Einsatz von Fahrzyklen in der Emissionierung	63
4.2	Ableitung von Zielen und Maßnahmen für die Erzeugung spezifischer Fahrzyklen	64
4.3	Untersuchungen zur Schadstoffbildung und Identifikation kritischer Fahrmanöver und Antriebszustände	68
4.3.1	Versuchsträger und Prüfstandstopologie	70
4.3.2	Manöver für hohe Emissionen von Stickoxiden	73
4.3.3	Manöver für hohe Partikelrohmissionen	94
4.4	Methodik zur Erzeugung von Fahrzyklen aus den identifizierten Manövern	104
4.4.1	Methoden der Zyklengenerierung	105
4.4.2	Mathematische Grundlagen	106
4.4.3	Modellierung von Fahrzeug, Antrieb und Fahrer	113
4.4.4	Aufbau einer durchgängigen Werkzeugkette durch Kombination von Manöverdaten, Zyklengeneration und Modellumgebung . . .	115
4.5	Ergebnisse	130
4.5.1	Zyklen für Stickoxidemissionen	130
4.5.2	Zyklen für Partikelemissionen	148
4.6	Fazit	153
5	Bewertung von Prüfstandssystemen hinsichtlich ihrer Eignung für die RDE-Emissionierung	155
5.1	Bewertungskriterien	155

5.1.1	Versuchsaufgabe und Regelart	156
5.1.2	Medienkonditionierung	159
5.1.3	Dynamik der Belastungseinheiten	160
5.2	Ist-Stand des Prüffeldes und Toolentwicklung	161
5.3	Ergebnisse	165
5.3.1	Quantitative Analyse	165
5.3.2	Qualitative Analyse	169
6	Ableitung und Implementierung von Maßnahmen zur Erhöhung der Eigenung ausgewählter Prüfstandssysteme für die RDE-Emissionierung	181
6.1	Fahrzeugrealistische Ladeluftkühlung am Prüfstand	182
6.1.1	Anforderungen	182
6.1.2	Lösungskonzept	184
6.1.3	Validierung	187
6.2	Datenquellen für realistische Streckeninformationen	193
6.2.1	Betrachtete Datenquellen	194
6.2.2	Möglichkeiten der Datennachbearbeitung	196
6.2.3	Bewertung	200
6.3	Simulative Abbildung der PHEV-Betriebsstrategie am konventionellen Motorprüfstand	202
6.3.1	PHEV Grundlagen	202
6.3.2	Elemente der Simulationsumgebung	205
6.3.3	Versuchsumgebung und Referenzmessung	209
6.3.4	Reproduktion der Referenzmessung	213
6.3.5	Fahrzeugunabhängige Parametervariation	216
6.3.6	Fazit	218
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	221
	Literaturverzeichnis	225
A	Modellierung mit künstlichen neuronalen Netzen	249
A.1	Übersicht von Modellierungsansätzen	249
A.2	Aufbau künstlicher neuronaler Netze	250

A.3	Feature selection und Architekturbestimmung	252
A.3.1	Datenaufbereitung und Preprocessing	252
A.3.2	Fehler- und Bestimmtheitsmaße	254
A.3.3	Feature selection	255
A.3.4	Architekturbestimmung	256
A.4	Festlegung des finalen KNNs	257