

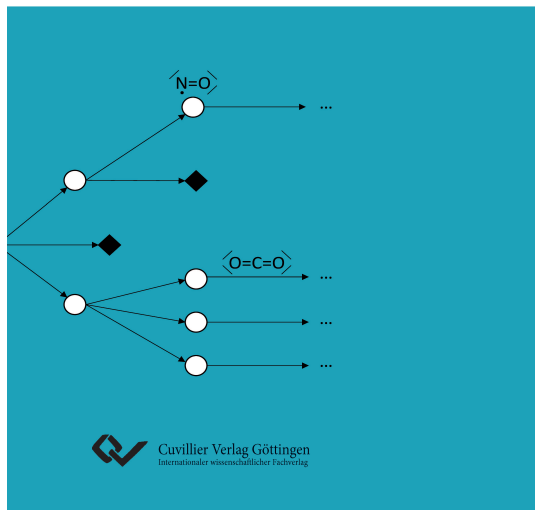


Daniel Ruff (Autor)

Eine modellprädiktive Regelung zur holistischen Minimierung dieselmotorischer Emissionen im Realfahrbetrieb

Daniel Ruff

Eine modellprädiktive Regelung zur
holistischen Minimierung dieselmotorischer
Emissionen im Realfahrbetrieb



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8895>

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

| | |
|--|-----------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1. Schadstoffbildung und Abgasnachbehandlung bei Pkw-Dieselmotoren | 2 |
| 1.1.1. Kraftstoffverbrauch und Kohlenstoffdioxid-Emission | 3 |
| 1.1.2. Innermotorische Stickoxidbildung und -minderung | 4 |
| 1.1.3. Außermotorische Stickoxidsminderung | 6 |
| 1.1.3.1. Stickoxidsminderung mit Hilfe von Speicherkatalysatoren | 6 |
| 1.1.3.2. Stickoxidsminderung nach dem SCR-Verfahren | 7 |
| 1.1.4. Temperatur-Management | 9 |
| 1.2. Motivation und Ziel der Arbeit | 9 |
| 1.3. Abgrenzung vom Bekannten | 11 |
| 1.4. Versuchsträger | 12 |
| 1.5. Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit | 13 |
| 2. Optimale Steuerung | 15 |
| 2.1. Beschreibung der vorliegenden Optimierungsprobleme | 15 |
| 2.2. Methoden und Algorithmen der Optimalsteuerung | 16 |
| 2.2.1. Indirekte Verfahren - Pontryagin's Minimum Prinzip | 18 |
| 2.2.2. Dynamic Programming | 26 |
| 2.2.3. Rollout Algorithmen | 33 |
| 2.2.4. Direkte Verfahren | 35 |
| 2.2.4.1. Direkte Schießverfahren | 37 |
| 2.2.4.2. Direkte Kollokation | 38 |
| 2.3. Selektion und Vergleich der Optimierungsverfahren - Lotka-Volterra-Problem | 39 |
| 3. Optimierung der Emissionscharakteristik dieselmotorischer Fahrzeuge | 45 |
| 3.1. Modellprädiktive Emissionsregelung | 45 |
| 3.2. Funktionsimplementierung | 46 |
| 3.2.1. Struktur der Funktion | 46 |
| 3.2.2. Prädiktion des Systemzustandes | 49 |
| 3.2.3. Echtzeit-Optimierung | 50 |
| 3.2.3.1. Ansatz 1: Iteratives Boundary Line Dynamic Programming | 52 |
| 3.2.3.2. Ansatz 2: Boundary Line Dynamic Programming mit Rollout Algorithmus | 55 |
| 3.2.4. Modellbildung und -identifikation | 57 |
| 3.2.4.1. Dieselmotor und Turbolader | 58 |
| 3.2.4.2. Katalysatortemperatur | 59 |
| 3.2.4.3. Katalysatoreffizienz | 60 |
| 3.3. Modellbasierte Applikation der NO _x -Rohemissionssteuerung | 61 |
| 4. Systematische Motorvermessung zur Ableitung datenbasierter Verbrennungsmodelle | 67 |
| 4.1. Versuchsvorbereitung und initiale Definition des Versuchsraums | 67 |
| 4.2. Online-DoE with Constraint Modeling (ODCM) | 68 |

| | |
|--|------------|
| 5. Gesamtsystems simulation - Luftpfad, Verbrennung und Abgasnachbehandlung | 71 |
| 5.1. Modellbildung und -identifikation | 72 |
| 5.1.1. Modellierung des Dieselmotors | 73 |
| 5.1.1.1. Datenbasierte Modellierung - Eine Einführung | 73 |
| 5.1.1.2. Stationäre, datenbasierte Verbrennungsmodellierung mittels Gauß-Prozess Regression | 75 |
| 5.1.1.3. Modellierung der Luftsystemdynamik | 77 |
| 5.1.1.4. Bewertung der quasi-stationären Motormodellierung | 80 |
| 5.1.2. Temperaturmodell des Turboladers | 81 |
| 5.1.3. Katalysatortemperaturen und HC-Oxidation | 83 |
| 5.1.4. Reaktionskinetisches SCR-Modell | 85 |
| 5.1.5. Bewertung der Modellkette | 86 |
| 5.2. Funktionsvalidierung durch Simulation | 87 |
| 5.2.1. Funktionsbewertung mit Hilfe von Fahrzyklen | 87 |
| 5.2.2. Funktionsbewertung mit Hilfe realer Straßenfahrten | 89 |
| 5.2.3. Toleranzuntersuchungen | 92 |
| 5.2.3.1. Robustheit der Emissionsergebnisse gegenüber Sensorfehlern | 93 |
| 5.2.3.2. Robustheit der Emissionsergebnisse gegenüber fehlerbehafteter Modell- prädiktion | 94 |
| 6. Funktionsvalidierung am Motorprüfstand | 97 |
| 6.1. Zusammenfassung der Messergebnisse | 98 |
| 6.2. Detailbetrachtung ausgewählter Fahrprofile | 100 |
| 6.2.1. WLTC | 100 |
| 6.2.2. Challenge Cycle | 102 |
| 7. Zusammenfassung und Ausblick | 105 |
| 7.1. Zusammenfassung | 105 |
| 7.2. Ausblick | 106 |
| A. Schematischer Aufbau am Motorprüfstand | 107 |
| B. Dynamische Fahrprofile | 109 |
| C. Gesamtsystems simulation am Beispiel ausgewählter dynamischer Fahrprofile | 111 |
| D. Studie: Optimiertes Temperatur-Management für Dieselmotoren - »Abgastemperatur vs. Abgasenthalpie« | 115 |
| E. In a Nutshell - Optimale Steuerung | 119 |
| E.1. Indirekte Verfahren | 119 |
| E.2. Dynamic Programming | 120 |
| E.3. Rollout Algorithmen | 121 |
| E.4. Direkte Verfahren | 121 |
| Abbildungsverzeichnis | 123 |
| Tabellenverzeichnis | 125 |
| Literaturverzeichnis | 127 |
| Curriculum Vitae | 135 |