

VDI 471

# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 12

Verkehrstechnik/  
Fahrzeugtechnik

Dipl.-Ing. Erik Weißenborn,  
Stuttgart

Nr. 723

Entwicklung eines  
empirischen Modells  
zur Berechnung des  
Brennraumdrucks bei  
direkteinspritzenden  
Common-Rail-Diesel-  
motoren

Technische Universität Darmstadt  
FG Fahrzeugtechnik

Inventarnummer:  
1923

VDI verlag

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>XVI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Einsatz von Verbrennungsmodellen in der Funktionsentwicklung und Motorsteuerung	2
1.2 Stand der Technik im Bereich der Modellierung und Rekonstruktion der Verbrennung	3
1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung	10
1.4 Struktur der Arbeit	12
<b>2 Analyse und Modellierung der dieselmotorischen Verbrennung</b>	<b>13</b>
2.1 Charakteristika optimierter, konventioneller Dieselmotoren	13
2.2 Messung und Vorverarbeitung des Drucksignals	16
2.3 Modellierung des Kompressionsdrucks	20
2.4 Identifikation des Zündverzugs	33
2.5 Modellierung der Verbrennungsdruckkomponenten	40
<b>3 Kopplung des Kompressionsdruck-, Zündverzugs- und Verbrennungsdruckmodells sowie Relevanzbewertung der Eingangsgrößen</b>	<b>51</b>
3.1 Modellstruktur und potenzielle Eingangsgrößen	51
3.2 Verfahren zur automatisierten Auswahl relevanter Modelleingangsgrößen	54
<b>4 Datenbasierte Verfahren zur Modellierung der Zündverzüge und Differenzdruckparameter</b>	<b>66</b>
4.1 Vorstellung der untersuchten Modellierungsverfahren	66
4.2 Weiterentwicklung eines Strukturselektionsalgorithmus für ein Neuro-Fuzzy-Modell	72
4.3 Vergleich und Bewertung der Verfahren	75
<b>5 Ergebnisse der Modellierung im stationären und dynamischen Betrieb</b>	<b>80</b>
5.1 Gütemaße zur Bewertung der Modelldarstellung	80
5.2 Modellverifikation im Stationärbetrieb	81
5.3 Modellverifikation im Dynamikbetrieb	86
5.4 Modellierung des Verbrennungsgeräuschs	88
5.5 Vergleich und Kopplung mit phänomenologischen Modellansätzen	93
<b>6 Adaption des Zylinderdruckmodells unter Nutzung des Drehzahlsignals</b>	<b>98</b>
6.1 Motivation und Datenbasis	98
6.2 Vorverarbeitung und Analyse des Drehzahlsignals	99
6.3 Bestimmung unbekannter Momentenanteile	103
6.4 Adaptionstrategien	106

---

<b>7</b>	<b>Anwendungen des Zylinderdruckmodells</b>	<b>113</b>
7.1	Reduktion von Messzeit und Speicheraufwand . . . . .	113
7.2	Unterstützung der Funktionsentwicklung . . . . .	115
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>118</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>121</b>
<b>A</b>	<b>Datenbasis und Messtechnik</b>	<b>138</b>
A.1	Datenbasis . . . . .	138
A.2	Beschreibung der Sensoren und Messprinzipien . . . . .	142
<b>B</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>145</b>
B.1	Grundgleichungen des Einzonenmodells . . . . .	145
B.2	Berechnung ausgewählter Größen des Luftsystems . . . . .	151
B.3	Kleinste-Quadrate-Methoden . . . . .	153
B.4	Nichtlineare Optimierung . . . . .	156
B.5	Berechnung von Wahrscheinlichkeitsdichten . . . . .	158
B.6	Datenbasierte Modellierungsverfahren . . . . .	159
B.7	Modelladaption mit dem Drehzahlsignal . . . . .	162
B.8	Stochastische Zustandsschätzung . . . . .	166
<b>C</b>	<b>Weitere Ergebnisse</b>	<b>169</b>
C.1	Kompressionsdruckmodell . . . . .	169
C.2	Angelagerte Nachverbrennung . . . . .	169
C.3	Datenbasierte Modelle . . . . .	170
C.4	Modellvalidierung . . . . .	171