

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	iii
Vorwort des Autors	v
Nomenklatur	ix
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Grundlagen und Stand der Technik	5
2.1 Wärmeübertragung im Verbrennungsmotor	5
2.1.1 Gasseitiger Wärmeübergang	9
2.1.2 Kühlmittelseitiger Wärmeübergang	13
2.2 Energiebilanz des Verbrennungsmotors	22
2.2.1 Äußere Energiebilanz	22
2.2.2 Innere Energiebilanz	30
2.3 Motorreibung	31
2.3.1 Reibungszustände	33
2.3.2 Einflussfaktoren	34
2.3.3 Experimentelle Bestimmung	37
2.3.4 Modellansätze zur Reibleistungsberechnung	38
3 Versuchsaufbau und Messdatenanalyse	41
3.1 Versuchsträger	41
3.2 Prüfstands Aufbau	45
3.3 Messdatenanalyse der Energiebilanzuntersuchungen	48
4 Motorische Untersuchungen zum thermischen Verhalten	51
4.1 Energiebilanz im Motorbetriebskennfeld	51
4.2 Einfluss der Betriebsparameter auf die Energiebilanz	54
4.2.1 Variation des Haupteinspritzzeitpunkts	55
4.2.2 Variation der Voreinspritzungsparameter	60
4.2.3 Variation des Einspritzdrucks	66
4.2.4 Variation des Ladedrucks	69
4.2.5 Variation der Ladelufttemperatur	72
4.2.6 Variation der Abgasrückführungsrate	78
4.2.7 Variation des Einlassdrucks	82
4.2.8 Variation der Kühlmitteltemperatur	86
4.2.9 Zusammenfassung der Ergebnisse	89

4.3	Einfluss von stehendem Kühlmittel im Motorblock	91
4.3.1	Untersuchungen im betriebswarmen Zustand	92
4.3.2	Temperaturoentwicklung im Motorwarmlauf	96
5	Analyse und Beschreibung der Motorreibung	99
5.1	Versuchsdurchführung	100
5.2	Dominanztemperaturmethode	106
5.3	Kennfeldbasiertes Reibmodell	110
5.3.1	Modellaufbau	110
5.3.2	Gesamtreibungskennfelder	113
5.3.3	Modellvalidierung	115
5.3.4	Sensitivitätsanalyse	122
5.3.5	Aufteilung der Reibung im Motorwarmlauf	125
6	Simulation des Motorwarmlaufs	127
6.1	Aufbau des Simulationsmodells	127
6.1.1	Gaspfad-, Verbrennungs- und Einspritzratenmodell	128
6.1.2	Motorstruktur- und Kühlkreislaufmodell	132
6.1.3	Zero-Flow Modell	135
6.2	Anwendung des kennfeldbasierten Reibmodells	136
6.3	Untersuchungen zu stehendem Kühlmittel im Motorblock	141
6.3.1	Untersuchungen zum kühlmittelseitigen Wärmeübergang	142
6.3.2	Kraftstoffverbrauchsreduzierung	152
7	Zusammenfassung und Ausblick	155
	Literaturverzeichnis	159