

Dipl.-Ing. Ernst Gorenflo, Wiesloch

Einfluß der Luftverhältniss- streuung auf die zyklischen Schwankungen beim Otto- motor

Reihe **12**: Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. **322**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Aufgabenstellung	1
2 Verfahren zur Bestimmung des Luftverhältnisses des Einzelarbeitsspiels	4
2.1 Experimentelle Verfahren	5
2.1.1 Luft- und Kraftstoffverbrauchsmessung	5
2.1.2 Abgaskomponentenmessung	6
2.1.3 Messung mit Sauerstoff-/Lambda-Sonden	7
2.2 Thermodynamische Verfahren	8
2.2.1 Bestimmung der Kraftstoffmasse aus der Druckverlaufsanalyse	9
2.2.2 Bestimmung der Luftmasse anhand des Luftliefergrades	12
2.2.3 Bestimmung des Luftverhältnisses aus dem gemessenen Druckverlauf	13
3 Thermodynamische Modelle zur Motorprozeßanalyse	16
3.1 Das Einzonenmodell	16
3.1.1 Thermodynamik des Einzonenmodells	16
3.1.2 Numerische Berechnung des Einzonenmodells	22
3.2 Das Zweizonenmodell	23
3.2.1 Thermodynamik des Zweizonenmodells	23
3.2.2 Numerische Berechnung des Zweizonenmodells	33
3.2.2.1 Numerisches Lösungsverfahren	33
3.2.2.2 Die Differenzenformeln des Zweizonenmodells	34
3.2.2.3 Die Starttemperatur im Verbrannten	39
4 Zusammensetzung der Zylinderladung	40
4.1 Massenverteilung beim Lambda-konstant-Modell	41
4.2 Massenverteilung beim Lambda-variabel-Modell	44
4.3 Zusammensetzung des Frischgases	48
4.3.1 Wassergehalt der Frischladung	48
4.3.1.1 Wassergehalt der angesaugten feuchten Luft	48
4.3.1.2 Zusätzlich eingebrachtes Wasser	49
4.3.1.3 Der gesamte Wassergehalt der Ladung	50
4.3.2 Restgasgehalt	50

4.4	Zusammensetzung des Verbrennungsgases	52
4.4.1	Gleichgewichtszusammensetzung	53
4.4.1.1	Die Reaktionsgleichung von dissoziierendem Verbrennungsgas	53
4.4.1.2	Einfluß von Restgas und Abgasrückführung	54
4.4.1.3	Das Gleichungssystem	56
4.4.1.4	Lösung des Gleichungssystems	59
4.4.1.5	Bestimmung der Gleichgewichtskonstanten	64
4.4.2	Reaktionskinetik der Stickoxidbildung	65
4.4.3	Umrechnung der Molanteile auf getrocknetes Abgas	68
5	Kalorischen Daten	69
5.1	Einfache Näherungsformeln	69
5.2	Die kalorischen Daten der einzelnen Komponenten	70
6	Meßtechnik und Versuchsaufbau	75
6.1	Versuchsaufbau	75
6.2	Erfafte Meßgrößen	78
6.3	Drucksignalerfassung	78
6.4	Messung des Luftverhältnisses	80
7	Die Aufbereitung des indizierten Druckverlaufs	85
7.1	Glättungsverfahren	86
7.1.1	Arithmetische Glättung	87
7.1.2	Gewichtete Glättung	88
7.1.3	Vergleich arithmetischer und gewichteter Glättung	90
7.2	Druckkorrekturverfahren	92
7.2.1	Einpassung des Zylinderdruckverlaufs an den Saugrohrdruck	93
7.2.2	Thermodynamische Nullpunktkorrektur	95
7.2.3	Nullpunktkorrektur durch Brennverlaufsanalyse der Kompressionsphase	97

8 Untersuchungen und Auswertungen	99
8.1 Bestimmung des Absolutdruckniveaus	99
8.1.1 Einpassung des Druckverlaufs an den gemessenen Saugrohrdruck	99
8.1.2 Einpassung des Druckverlaufs mit thermodynamischer Nullpunktkorrektur	101
8.1.3 Einpassung des Druckverlaufs mittels Brennverlaufsanalyse der Kompressionsphase bis Zündzeitpunkt	102
8.1.4 Vergleich der Druckkorrekturverfahren bei der Anwendung am Einzelarbeitsspiel	103
8.2 Vergleich Ein- und Zweizonenmodell	110
8.3 Vergleich Lambda-variabel- und Lambda-konstant-Modell	114
8.4 Einfluß des Restgasgehaltes auf das Ergebnis der Druckverlaufsanalyse	118
8.5 Thermodynamische Analyse des Einzelarbeitsspiels	119
8.5.1 Grundsätzliche Überlegungen zur Auswertestrategie	120
8.5.2 Lambda-Variation	128
8.5.3 Drehzahl-Variation	130
8.5.4 Lambda-geregelter Betriebspunkt	131
8.5.5 Lambda-Sprung	133
8.6 Korrelation zwischen verschiedenen gemessenen und berechneten Kenngrößen	136
8.6.1 Kenngrößen aus dem gemessenen Druckverlauf	139
8.6.2 Kenngrößen der thermodynamischen Druckverlaufsanalyse	144
9 Bewertung und Ausblick	150
10 Zusammenfassung	153
11 Literaturverzeichnis	157