

Dipl.-Ing. Wolfgang Reiser, Stgt.-Plieningen

**Ermittlung von motor- und  
verbrennungstechnischen  
Kenndaten an einem Diesel-  
motor mit Direkteinspritzung  
bei Betrieb mit unterschiedlich  
aufbereitetem Rapsöl**

Reihe **12**: Verkehrstechnik/  
Fahrzeugtechnik

Nr. **316**

## Inhaltsverzeichnis

### Formelzeichen, Einheiten, Abkürzungen, Indices

<b>1</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kenntnisstand</b>	<b>3</b>
	2.1 Pflanzenöl als regenerative Energiequelle	3
	2.2 Rapsöl als Energieträger	5
	2.2.1 Chemische Zusammensetzung von Rapsöl	6
	2.2.2 Verfahren der Pflanzenölgewinnung	7
	2.3 Rapsöl als Dieselsubstitut	9
	2.3.1 Eigenschaften von Pflanzenölkraftstoffen	10
	2.3.2 Umgeestertes Pflanzenöl und dessen motorische Verwendung	12
	2.3.3 Kraftstoffmischungen mit Pflanzenöl oder -derivaten	14
	2.4 Motoren für den Betrieb mit reinem Rapsöl	16
	2.5 Folgerungen im Hinblick auf die eigene Arbeit	19
<b>3</b>	<b>Versuchsaufbau</b>	<b>22</b>
	3.1 Verwendete Motoren	22
	3.2 Prüfstandseinrichtung	23
	3.2.1 Leistungsbremse	26
	3.2.2 Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs	26
	3.2.3 Erfassung der Ansaugluftmasse	27
	3.2.4 Bestimmung des Durchblase-Durchflusses ins Kurbelgehäuse	28
	3.2.5 Prüfstandsüberwachung und -steuerung	28
<b>4</b>	<b>Meßmethoden</b>	<b>29</b>
	4.1 Bestimmung langsam verändernder Meßwerte	29
	4.2 Bestimmung schnell verändernder Meßwerte	32
	4.2.1 Motorindiziersystem	32
	4.2.2 Druckverlaufsmessung im Motorbrennraum	33

---

4.2.2.1	Druckmessung mit einem Quarzkristall-Sensor	34
4.2.2.2	Ladungsverstärker und Kurbelwinkelgeber	34
4.2.3	Nadelhubbestimmung der Einspritzdüse	35
4.2.4	Ermittlung des Druckverlaufes in der Einspritzleitung	36
4.3	Meßgeräte und Prüfvorgaben zur Ermittlung der Schadstoffemissionen	38
4.3.1	Belastungskollektiv für Dauerlauf	40
4.3.2	Belastungskollektiv und Prüfnormen	40
4.3.3	Verkokungsverhalten bei Kurzzeittests	46
4.4	Gleichungen zur Berechnung von Motorleistung, Motordrehmoment, Kraftstoffverbrauch, Wirkungsgrad und Durchblase-Durchfluß	47
4.5	Grundlagen zur Gemischzusammensetzung und zum Heizverlauf	49
4.5.1	Gemischzusammensetzung und Verbrennungsluftverhältnis	49
4.5.2	Heizverlaufsrechnung nach dem Einzonenmodell	50
<b>5</b>	<b>Versuchskraftstoffe</b>	<b>53</b>
5.1	Kraftstofftechnische Kenndaten	56
5.2	Siedeverlauf der Kraftstoffvarianten	58
5.3	Viskositätsverhalten der Versuchskraftstoffe	59
<b>6</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>61</b>
6.1	Ermittelte Meßgrößen	61
6.2	Durchführung der Langzeiterprobung	61
6.3	Optimierung der Motorausrüstung	62
6.3.1	Förderbeginn und Einspritzzeitpunkt	62
6.3.2	Geometrie der Einspritzdüsen	62
6.4	Versuchsdurchführung	68
<b>7</b>	<b>Versuchsergebnisse mit Diskussion</b>	<b>70</b>
7.1	Motorkenndaten mit Diesel- und Tesselkraftstoff im Langzeitbetrieb des Dieselmotors in Serieneinstellung	70
7.1.1	Motorkennfeld und Betriebsverhalten	70
7.1.2	Betriebssicherheit	73
7.1.3	Abgasverhalten des Versuchsmotors 1	76

---

7.2	Ergebnisse bei der Optimierung der Motorausrüstung	78
7.2.1	Leistung und Drehmomentverhalten	79
7.2.2	Kraftstoffverbrauch und Wirkungsgrad	90
7.2.3	Spezifischer - und differenzbezogener Energiebedarf	103
7.3	Ergebnisse zum Einspritzbeginn und zur Einspritzdauer	110
7.4	Ergebnisse der Verbrennung	114
7.4.1	Zündverzug und maximaler Druckgradient	114
7.4.2	Brenndauer	122
7.4.3	Maximaler Verbrennungsdruck und Lage bezogen auf OT	123
7.4.4	Heizverlauf und Gastemperatur	126
7.5	Emissionsverhalten bei der Verbrennung von Rein- und Pflanzenölmischkraftstoffen	129
7.5.1	Limitierte gasförmige Emissionen	129
7.5.2	Kennwerte für Ruß	141
7.5.3	Verkokungsverhalten	145
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Schlußfolgerungen</b>	<b>152</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b>	<b>157</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>165</b>