

Technische Verbrennung Motorische Verbrennung

Von Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Günter P. Merker
und Dipl.-Ing. Gunnar Stiesch, M.Sc.
Universität Hannover

Mit 100 Bildern



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig 1999

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abkürzungen und Formelzeichen | X |
| 1. Brennstoffe | 1 |
| 1.1 Brennstoffe aus Mineralöl | 1 |
| 1.1.1 Chemischer Aufbau | 1 |
| 1.1.2 Physikalisch-chemische Eigenschaften | 5 |
| 1.1.3 Herstellung | 8 |
| 1.2 Brennstoffe aus Kohle | 10 |
| 1.3 Brennstoffe auf nicht fossiler Basis | 12 |
| 2. Ottomotorische Verbrennung | 15 |
| 2.1 Gemischbildung | 15 |
| 2.1.1 Grundsätzliches | 15 |
| 2.1.2 Vergaserprinzip | 16 |
| 2.1.3 Zentraleinspritzung | 20 |
| 2.1.4 Saugrohreinspritzung | 20 |
| 2.1.5 Direkteinspritzung | 24 |
| 2.2 Zündung | 25 |
| 2.3 Verbrennungsablauf | 27 |
| 2.3.1 Oxidation von Kohlenwasserstoffen | 27 |
| 2.3.2 Mitteldruck und Brennstoffverbrauch | 34 |
| 2.3.3 Zyklische Schwankungen | 35 |
| 2.3.4 Motorklopfen | 36 |
| 3. Dieselmotorische Verbrennung | 41 |
| 3.1 Einspritzverfahren | 41 |
| 3.2 Einspritzsysteme | 44 |
| 3.3 Einspritzdüsen und Düsenhalter | 53 |
| 3.4 Strahlausbreitung und Gemischbildung | 55 |
| 3.4.1 Phänomenologie | 55 |
| 3.4.2 Strahlausbreitung | 59 |
| 3.4.3 Gemischbildung | 63 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 3.5 | Selbstzündung | 65 |
| 3.5.1 | Zündverzug | 65 |
| 3.5.2 | Selbstzündungs-Modelle | 67 |
| 3.5.3 | Motorversuch | 70 |
| 3.6 | Verbrennungsablauf | 73 |
| 3.6.1 | Phänomenologische Beschreibung | 73 |
| 3.6.2 | Modellierung der Verbrennung | 77 |
| 4. | Schadstoffbildung | 84 |
| 4.1 | Abgaszusammensetzung | 84 |
| 4.2 | Kohlenmonoxid (CO) | 86 |
| 4.3 | Unverbrannte Kohlenwasserstoffe | 87 |
| 4.3.1 | Limitierte Schadstoffkomponenten | 88 |
| 4.3.2 | Nicht limitierte Schadstoffkomponenten | 92 |
| 4.4 | Partikelemission beim Dieselmotor | 97 |
| 4.4.1 | Einführung | 97 |
| 4.4.2 | Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) | 99 |
| 4.4.3 | Entstehung von Ruß | 102 |
| 4.4.4 | Modellierung der Partikelemission | 106 |
| 4.5 | Stickoxide | 107 |
| 4.5.1 | Thermisches NO | 108 |
| 4.5.2 | Prompt-NO | 114 |
| 4.5.3 | Über N ₂ O erzeugtes NO | 116 |
| 4.5.4 | Brennstoff-Stickstoff | 117 |
| 5. | Innere motorische Schadstoffreduzierung | 118 |
| 5.1 | Gesetzgebung | 118 |
| 5.2 | Maßnahmen beim Ottomotor | 120 |
| 5.2.1 | Konventionelle Maßnahmen | 120 |
| 5.2.2 | Unkonventionelle Maßnahmen | 121 |
| 5.2.3 | Abgasrückführung (AGR) | 123 |
| 5.2.4 | Magerverbrennung | 124 |
| 5.3 | Maßnahmen beim Dieselmotor | 125 |
| 5.3.1 | Beeinflussung der Einspritzung | 125 |
| 5.3.2 | Abgasrückführung (AGR) | 130 |

| | |
|---|-----|
| 6. Abgasnachbehandlung | 132 |
| 6.1 Ottomotoren | 133 |
| 6.1.1 Katalysatoren | 133 |
| 6.1.2 Doppelbettkatalysatoren | 135 |
| 6.1.3 Drei-Wege-Katalysatoren mit λ -Regelung | 136 |
| 6.1.4 Speicher-Reduktions-Katalysator | 140 |
| 6.2 Dieselmotoren | 142 |
| 6.2.1 Selektive katalytische Reduktion (SCR-Verfahren) | 143 |
| 6.2.2 Nichtselektive katalytische Reduktion (NCR-Verfahren) | 146 |
| 6.2.3 Spaltkatalysatoren | 148 |
| 6.2.4 Partikel- (Ruß) filter | 149 |
| 6.2.5 Ausblick | 149 |
| Literatur | 152 |
| Stichwortverzeichnis | 156 |