

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 12

Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Michael Indra,
Düsseldorf

Nr. 463

Betrachtung verschiedener
Einspritzsysteme
unter technischen
und wirtschaftlichen
Gesichtspunkten

VDI Verlag

HLuHB Darmstadt



15103787

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-------------|
| Formelzeichen | VIII |
| Abkürzungen | IX |
| Abstract | X |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Rahmenbedingungen der Motorenentwicklung..... | 1 |
| 1.2 Aufgabenstellung..... | 2 |
| 2 Stand der Technik verschiedener Einspritzsysteme | 5 |
| 2.1 Niederdruck-Flüssigkeitseinspritzung (Saugrohreinspritzung) | 5 |
| 2.1.1 Historie | 5 |
| 2.1.2 Funktionsprinzip..... | 7 |
| 2.1.2.1 Stöchiometrischer Motorbetrieb..... | 7 |
| 2.1.2.2 Magerbetrieb..... | 8 |
| 2.1.3 Bauteile | 9 |
| 2.2 Hochdruck-Flüssigkeitseinspritzung (Benzindirekteinspritzung) | 13 |
| 2.2.1 Historie | 13 |
| 2.2.2 Funktionsprinzip..... | 15 |
| 2.2.3 Bauteile | 16 |
| 2.3 Gemischeinblasung | 21 |
| 2.3.1 Historie | 21 |
| 2.3.2 Funktionsprinzip..... | 22 |
| 2.3.3 Bauteile | 23 |
| 2.4 Vor- und nachgelagerte Subsysteme | 28 |
| 2.4.1 Abgasnachbehandlung | 28 |
| 2.4.1.1 Schadstoffentstehung | 28 |
| 2.4.1.2 Konventionelle Abgasnachbehandlung | 31 |
| 2.4.1.3 Abgasnachbehandlung bei Magerbetrieb | 35 |
| 2.4.2 Abgasrückführung | 42 |
| 2.4.3 Sonstige Systeme..... | 45 |
| 3 Vergleich der Systeme unter technischen Gesichtspunkten | 47 |
| 3.1 Inermotorische Arbeitsprozesse | 47 |
| 3.1.1 Ladungswechsel..... | 47 |
| 3.1.2 Gemischbildung | 50 |
| 3.1.3 Brennverfahren | 55 |
| 3.1.4 Motorreibung | 61 |
| 3.1.5 Effektiver Wirkungsgrad | 63 |
| 3.2 Motormanagement..... | 64 |
| 3.2.1 Betriebsarten..... | 64 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.2.2 | <u>Regelung der Abgasnachbehandlung</u> | 69 |
| 3.3 | <u>Kenngrößen des Motorbetriebs im Fahrzeug</u> | 71 |
| 3.3.1 | <u>Kraftstoffverbrauch</u> | 71 |
| 3.3.1.1 | <u>Theoretisches Kraftstoffeinsparungspotenzial</u> | 71 |
| 3.3.1.2 | <u>MVEG-B-Testzyklus</u> | 72 |
| 3.3.1.3 | <u>Fahrzeugspezifisches Motormoment und Kraftstoffverbrauch</u> | 74 |
| 3.3.1.4 | <u>Realfahrbetrieb</u> | 75 |
| 3.3.2 | <u>Schadstoffemissionen</u> | 81 |
| 3.3.3 | <u>Leistung und Drehmoment</u> | 83 |
| 3.3.4 | <u>Ansprechverhalten</u> | 84 |
| 3.4 | <u>Zusammenfassung der technischen Kriterien</u> | 85 |
| 4 | <u>Definitionen und Grundlagen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</u> | 89 |
| 4.1 | <u>Wirtschaftlichkeit</u> | 89 |
| 4.2 | <u>Wirtschaftlichkeitsanalyse</u> | 89 |
| 4.3 | <u>Besonderheiten beim Vergleich von Technologien</u> | 91 |
| 4.4 | <u>Prognostik</u> | 92 |
| 5 | <u>Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung</u> | 94 |
| 5.1 | <u>Wirtschaftlichkeitsanalyseverfahren</u> | 94 |
| 5.1.1 | <u>Eindimensionale Verfahren</u> | 94 |
| 5.1.1.1 | <u>Statische Modelle</u> | 95 |
| 5.1.1.2 | <u>Dynamische Modelle</u> | 97 |
| 5.1.2 | <u>Mehrdimensionale Verfahren</u> | 99 |
| 5.2 | <u>Kostenschätzung</u> | 102 |
| 5.2.1 | <u>Produktkosten</u> | 102 |
| 5.2.2 | <u>Entwicklungskosten</u> | 102 |
| 5.3 | <u>Abschätzung von Kostensenkungspotenzialen</u> | 104 |
| 6 | <u>Überlegungen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse von Technologien</u> | 106 |
| 6.1 | <u>Anforderungen</u> | 106 |
| 6.2 | <u>Zielsetzungen</u> | 109 |
| 6.3 | <u>Konzeption</u> | 112 |
| 6.3.1 | <u>Systemabgrenzung</u> | 112 |
| 6.3.1.1 | <u>Terminologie</u> | 112 |
| 6.3.1.2 | <u>Systembetrachtung im weiten Sinn</u> | 113 |
| 6.3.1.3 | <u>Abgrenzung der Systeme untereinander</u> | 115 |
| 6.3.2 | <u>Kostenbetrachtung</u> | 118 |
| 6.3.2.1 | <u>Kosteneinflussgrößen</u> | 118 |
| 6.3.2.2 | <u>Kostenentwicklung historisch und zukünftig</u> | 126 |
| 6.3.3 | <u>Nutzenbetrachtung</u> | 134 |
| 6.3.4 | <u>Zusammenführung von Kosten und Nutzen</u> | 135 |
| 6.3.5 | <u>Zusammenfassung</u> | 135 |
| 7 | <u>Beurteilung der Wirtschaftlichkeit</u> | 137 |

| | | |
|----------------|--|------------|
| <u>7.1</u> | <u>Kostenanalyse</u> | 137 |
| <u>7.1.1</u> | <u>Historische Kostenanalyse der Systemkomponenten</u> | 137 |
| <u>7.1.2</u> | <u>Aktueller Kostenstand</u> | 144 |
| <u>7.1.2.1</u> | <u>Hochdruck Direkteinspritzung</u> | 144 |
| <u>7.1.2.2</u> | <u>Gemischeinblasung</u> | 151 |
| <u>7.1.3</u> | <u>Zukünftige Kostenentwicklung</u> | 154 |
| <u>7.2</u> | <u>Nutzenanalyse</u> | 158 |
| <u>7.3</u> | <u>Kosten-Nutzen-Diagramm</u> | 160 |
| 8 | <u>Zusammenfassung und Ausblick</u> | 163 |
| | Anhang | 166 |
| | <u>Literaturverzeichnis</u> | 172 |