

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