

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Geschichte der Benzin-Direkteinspritzung	3
3	Gemischbildungs- und Verbrennungsverfahren	29
3.1	Grundlagen der Gemischbildung	31
3.1.1	Kraftstoffaufbereitung	32
3.1.2	Strömungsverhalten	36
3.2	Direkteinspritzung mit homogenem Gemisch	43
3.3	Direkteinspritzung mit geschichtetem Gemisch	52
3.3.1	Wandgeführte Brennverfahren	55
3.3.2	Luftgeführte Brennverfahren	60
3.3.3	Strahlgeführte Brennverfahren	62
3.4	Zündung und Verbrennung	74
3.5	Benzin-Direkteinspritzung bei homogen kompressionsgezündeter Verbrennung	89
3.5.1	Thermodynamik	89
3.5.2	Konzepte und Betriebsstrategien bei Benzin-Selbstzündung	93
3.5.3	Eingriffsmöglichkeiten bei Direkteinspritzung	97
3.5.4	Potenziele hinsichtlich Verbrauch und Schadstoffemission	98
3.5.5	Akustik	100
3.6	Kombiniertes Diesel-/Otto-Verbrennungsverfahren	109
4	Einspritzsysteme und Systemübersicht	117
4.1	Luftunterstützte Niederdruck-Direkteinspritzung	118
4.2	Common-Rail-Hochdruck-Direkteinspritzung	121
4.2.1	Hochdruck-Kraftstoffpumpe	124
4.2.2	Rail	129
4.2.3	Hochdruck-Einspritzventile/Einspritzdüsen	131
4.2.4	Einspritzstrategien	143
5	Leistung und Drehmoment	151
6	Aufladung	161
6.1	Mechanische Aufladung	164
6.2	Abgasturboaufladung	170
6.3	Synergien zwischen der Abgasturboaufladung und der Direkteinspritzung bei Ottomotoren	176
6.4	Hochaufladung durch elektrisch angetriebenen Lader	179
6.5	Komplexe Aufladesysteme	182

7	Kraftstoffverbrauch	189
8	Downsizing und Downsizing	205
8.1	Downsizing.....	205
8.2	Downsizing	209
9	Abgasemissionen und Schadstoffreduzierung.....	213
9.1	Schadstoffentstehung beim Motorprozess	213
9.2	Gesetzliche Vorschriften	218
9.3	Schadstoffreduzierung einschließlich Partikel.....	228
9.4	Neue Wege zur Schadstoffreduzierung	243
10	Geräuschemissionen	249
10.1	Gesetzliche Vorschriften	249
10.2	Verbrennungsgeräusche	251
10.2.1	Vergleich Gasoline Direct Injection (GDI homogen) mit GDI geschichtet.....	252
10.2.2	Einfluss des Drall- und Tumble-Niveaus auf die Verbrennungsanregung	253
10.2.3	Einfluss der Abgasrückführungsrate (AGR) auf das Verbrennungsgeräusch	255
10.2.4	Einfluss des Betriebsmodenwechsels.....	255
10.2.5	Optimierung des Leerlaufs im Schichtbetrieb.....	256
10.3	Mechanische Geräusche	257
10.3.1	Optimierung des Klopfregelsystems	258
10.3.2	Einfluss des Kraftstoffhochdruckverteilsystems	259
10.4	Akustikaspekte von GDI-Downsizing-Konzepten	261
10.4.1	Vergleich leistungsgleicher Aggregate	261
10.4.2	Akustik des Otto-DI-Downsizing im Vergleich.....	262
10.4.3	Akustik von Aufladesystemen	265
10.4.4	Einfluss der Kraftstoffqualität auf die Akustik	266
10.4.5	Aktive Gestaltung der Geräuschqualität.....	268
11	Einflüsse der Benzin-Direkteinspritzung auf weitere Motor-Einzelsysteme	271
11.1	Zündsysteme.....	271
11.1.1	Funkenzündsysteme	271
11.1.2	Laserzündung.....	282
11.1.3	Mikrowellenzündung	286
11.2	Kolben	287
11.2.1	Werkstoffe.....	288
11.2.2	Herstellverfahren.....	291
11.2.3	Gestaltung und Bauteilfestigkeit	292
11.3	Ventile, Ventilsitzringe und Ventilführungen	297
11.3.1	Ventile und Ventilsitzringe	297

11.3.2	Ablagerungen auf Einlassventilen bei der Benzin-Direkteinspritzung.....	299
11.3.3	Ventilführungen	300
11.3.4	Leichtbauventile.....	301
11.4	Luftansaugsysteme moderner Ottomotoren.....	302
11.4.1	Thermodynamik des Ansaugsystems	303
11.4.2	Saugrohre für selbst ansaugende Motoren	306
11.4.3	Saugrohre aufgeladener Ottomotoren	308
11.4.4	Saugrohre aufgeladener Ottomotoren mit Direkteinspritzung	309
11.5	Kurbelgehäuseentlüftung.....	311
11.6	Lufttaktventil	317
11.6.1	Technologiebeschreibung	317
11.6.2	Bauprinzip und Randbedingungen	318
11.6.3	Thermodynamisches Potenzial.....	320
11.7	Tankentlüftung	329
11.8	Zuheizmaßnahmen für den Fahrzeuginnenraum	332
11.8.1	Einleitung.....	332
11.8.2	Zuheizerausführungen.....	332
11.8.3	Elektrischer PTC-Zuheizer luftseitig	333
11.8.4	Elektrischer Kühlwasserheizer	336
11.8.5	Brennstoffzuheizer	338
11.8.6	Visco-Heizer	339
11.8.7	Abgaswärme-Zuheizer	340
11.8.8	Zusammenfassung und Ausblick	341
12	Benzin-Direkteinspritzung im elektrischen Hybridverbund	345
12.1	Einleitung	345
12.2	Hybridantriebe für Pkw	347
13	Betriebsstoffe.....	357
13.1	Ottokraftstoffe	357
13.1.1	Einleitung.....	357
13.1.2	Allgemeine Grundlagen	357
13.1.3	Ottokraftstoffkomponenten und Ottokraftstoffaufmischung.....	360
13.1.4	Anforderungen an Ottokraftstoffe und ihre praktische Bedeutung	361
13.1.5	Kraftstoffeinflüsse auf die Abgasemissionen.....	368
13.1.6	Ottokraftstoffe mit Bioanteil: Bio-Ethanol und Ethyl-Tertiär-Buthyl-Ether (ETBE)	369
13.2	Schmierstoffe für Ottomotoren.....	371
13.2.1	Schmierstoffarten	372
13.2.2	Aufgaben des Motoröls	372
13.2.3	Anforderungen an das Motoröl	372
13.2.4	Aufbau von Motorölen	373
13.2.5	Viskosität	373

13.2.6	Grundöle	376
13.2.7	Additive.....	378
13.2.8	Leistungsklassen von Motorölen.....	379
13.2.9	Betriebsstoffvorschriften der Pkw-Hersteller.....	382
13.2.10	Ausblick	384
14	Motorkonzepte	385
14.1	Serienkonzepte	385
14.1.1	Geschichte.....	385
14.1.2	Konzepte mit Schichtladung: wand- und luftgeführte Brennverfahren.....	387
14.1.3	Konzepte mit Schichtladung: strahlgeführte Brennverfahren	394
14.1.4	Konzepte mit homogenem Gemisch ohne Aufladung.....	401
14.1.5	Konzepte mit homogenem Gemisch und Aufladung	404
14.2	Konzepte für den Motorsport und Impulse für die Serienentwicklung	415
14.2.1	Einleitung	415
14.2.2	Benzin-Direkteinspritzung im Rennsport.....	416
14.2.3	V8 Biturbo mit Direkteinspritzung für das 24-h-Rennen von Le Mans	417
14.2.4	Übertragung auf einen 2 l Serienmotor mit Direkteinspritzung und Turboaufladung.....	422
14.2.5	Gegenüberstellung der Motoren mit Direkteinspritzung für den Rennsport und für die Serie.....	424
14.2.6	Zusammenfassung und Ausblick	425
14.3	Zweitakt-Ottomotoren mit Direkteinspritzung	425
14.3.1	Einleitung	425
14.3.2	Historie.....	426
14.3.3	Serienkonzepte	430
14.3.4	Anwendungen und Ausblick	434
15	Marktentwicklung der Benzin-Direkteinspritzung	443
15.1	Einleitung	443
15.2	Entwicklung in den Märkten der Triade.....	443
15.3	Entwicklung in den BRIC-Märkten.....	445
16	Ausblick	447
	Sachwortverzeichnis	453