

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Verbrennungsmotoren	5
2.1	Gemischbildung und Verbrennung	6
2.1.1	Luftsystem	9
2.1.2	Kraftstoffsystem	15
2.2	Thermodynamik	20
2.3	Kurbeltrieb	23
2.3.1	Gas- und Massenkräfte	24
2.3.2	Drehrichtung	27
2.4	Abgasnachbehandlung	28
2.5	Kühlung	28
2.6	Schmierung	29
2.7	Motorelektrik	30
2.8	Forschungsmotoren	31
3	Aufbau von Prüfständen	33
3.1	Medienversorgung	36
3.1.1	Kraftstoffversorgung	39
3.1.2	Kühlmittelkonditionierung	45
3.1.3	Schmiermittelkonditionierung	47
3.1.4	Verbrennungsluftkonditionierung	47
3.1.5	Schnellkupplungen	47
3.2	Prüfstände für besondere Aufgaben	48
3.2.1	Schwenkprüfstände	48
3.2.2	Klimaprüfstände	51
3.2.3	NVH-Prüfstände	51
3.2.4	EMV-Prüfstände	56
3.2.5	Prüfstände für Hybrid- und Elektroantriebe	57
3.2.6	Produktionsprüfstände	59
3.3	Antriebsstrangprüfstände	60

3.4	Fahrzeug-Rollenprüfstände	62
3.5	Teststrecken und Messungen im Straßenverkehr	65
4	Prüfstandsmechanik	67
4.1	Schwingungen am Prüfstand	67
4.1.1	Lagerung der Grundplatte	69
4.1.2	Lagerung des Motors	72
4.2	Grundplatte	73
4.3	Austausch des Prüflings	74
4.4	Welle	75
4.4.1	Drehschwingungen der Welle	77
4.4.2	Biegeschwingungen der Welle	84
4.4.3	Wellenschutz	85
4.5	Lagerung der Belastungsmaschine	85
4.6	Getriebe	86
4.7	Motorkupplung	87
5	Belastungsmaschinen	89
5.1	Hydraulische Bremsen	93
5.1.1	Prinzip	93
5.1.2	Technische Realisierung und Anwendung	96
5.2	Wirbelstrombremsen	99
5.2.1	Prinzip: Wirbelströme in rotierender Scheibe	100
5.2.2	Prinzip: Wirbelströme durch veränderliches Magnetfeld	101
5.2.3	Technische Realisierung und Anwendung	102
5.3	Elektrische Belastungsmaschinen	105
5.3.1	Gleichstrommaschinen	109
5.3.2	Wechselstrommaschinen	111
5.3.3	Drehstrommaschinen	111
5.3.4	Fehler und Diagnose	118
5.4	Hysteresebremsen	119
5.5	Tandembremsen	120
5.6	Starten des Motors	121
6	Messtechnik	123
6.1	Durchflussmessung	124
6.1.1	Kraftstoffverbrauch	124
6.1.2	Luftverbrauch	130
6.1.3	Abgasmenge	136
6.1.4	Leckgas (Blow-By-Gas)	136
6.2	Messung von Drehzahl und Kurbelwellenwinkel	140
6.2.1	Absolutwinkelgeber	142

6.2.2	Inkrementalwinkelgeber	145
6.2.3	Resolver	145
6.2.4	Tachogeneratoren	146
6.2.5	Motorelektrik	146
6.2.6	Detektion des oberen Totpunktes	148
6.3	Kraftmessung	148
6.3.1	Piezoelektrische Sensoren	148
6.3.2	Kraftmessung durch Dehnungsmessung	149
6.3.3	Wägezellen	154
6.4	Drehmomentaufnehmer (Georg Wegener)	155
6.4.1	Grundlegende Klassifizierung der Messprinzipien	155
6.4.2	Dehnungsmessstreifen als Messprinzip für Drehmomentaufnehmer	161
6.4.3	Übertragung von Versorgung und Messsignal	166
6.4.4	Messgenauigkeit und konstruktive Einflussfaktoren	169
6.4.5	Bauformen, Montage und Anschluss	176
6.4.6	Kalibrierung von Drehmomentaufnehmern	179
6.5	Leistung und Arbeit	186
6.6	Akustische Messtechnik	187
6.6.1	Messung von Luftschall	188
6.6.2	Messung von Körperschall	189
6.7	EMV-Messtechnik	190
6.7.1	Messung leitungsgeführter Störungen	192
6.7.2	Messung gestrahlter Störungen	193
6.8	Abgasmesstechnik	194
6.8.1	Abgasbestandteile	198
6.8.2	Messverfahren	203
6.8.3	Probennahme	221
6.8.4	Messschränke	223
6.9	Messung thermodynamischer Zustandsgrößen	225
6.9.1	Temperaturmessung	225
6.9.2	Druckmessung	230
6.9.3	Wetterstation	232
6.10	Innermotorische Analytik	233
6.10.1	Physikalische Effekte	233
6.10.2	Verfahren	241
7	Steuerung, Regelung und Automatisierung	247
7.1	Prüfstandregler und Betriebsmodi	247
7.1.1	Aufbau und Bedienung des Reglers	247
7.1.2	Betriebsmodi des Prüfstandes	249
7.2	Automatisierung der Gebäudetechnik	256
7.3	Automatisierung des Prüfstandes	257

7.3.1	Statistische Versuchsplanung (DoE)	258
7.4	Interne Vernetzung des Prüfstandes	259
7.4.1	AK-Protokoll	259
7.4.2	Profibus	260
7.4.3	CAN-Bus	260
7.4.4	Ethernet-basierte Kommunikation	262
7.5	Externe Anbindung des Prüfstandes	262
8	Technische Gebäudeausrüstung, Projektierung, Bau und Betrieb des Prüfstandes	265
8.1	Hochbau	265
8.1.1	Prüfstandsraum	267
8.1.2	Warte	268
8.1.3	Technikräume	268
8.1.4	Vorbereitungsraum	268
8.2	Elektroinstallation	269
8.3	Wasserversorgung und Kühlung	269
8.4	Druckluftversorgung	270
8.5	Luftaustausch	271
8.6	Abgas	273
8.7	Gaslager	274
8.8	Brand- und Explosionsschutz	275
8.8.1	Baulicher Brand- und Explosionsschutz	275
8.8.2	Brandmelde- und Löschanlage	276
8.8.3	Gaswarnanlage	278
8.9	Projektierung eines Prüfstandes, Checkliste	278
9	Sicherheit und Umwelt	283
9.1	Rechtsgrundlagen	284
9.1.1	Rechtsgrundlagen der Arbeitssicherheit	284
9.1.2	Immissionsrecht	285
9.1.3	Wasser- und Bodenrecht	287
9.1.4	Baurecht	288
9.2	Wie ermittelt man Gefährdungen?	288
9.3	Gefährdungen durch rotierende Teile	289
9.4	Gefährdungen durch elektrische Einrichtungen	290
9.5	Gefährdungen durch brennbare Flüssigkeiten	291
9.6	Gefährdungen durch Gase	291
9.6.1	Wasserstoff (H ₂)	291
9.6.2	Stickstoff (N ₂)	292
9.6.3	Luft	293
9.6.4	Sauerstoff (O ₂)	293

9.6.5 Kohlenmonoxid (CO)	293
9.6.6 Kohlendioxid (CO ₂)	294
9.6.7 Stickstoffmonoxid (NO)	294
9.6.8 Propan (C ₃ H ₈)	294
9.6.9 Ammoniak (NH ₃)	295
9.7 Schutz vor Lärm und Vibrationen im Prüfstand	295
9.8 Umweltgefährdung	296
9.9 Umweltbelästigung	297
9.9.1 Lärm	297
9.9.2 Abgas	299
9.10 Abschaltung	300
Literatur	301
Sachverzeichnis	319