

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Weitere Autoren	VII
Formelzeichen und Abkürzungen	XV
1 Einleitung	1
1.1 Treiber in der Fahrzeugentwicklung	1
1.2 Anforderungen an Mess- und Prüftechnik	3
1.2.1 Entwicklungsmethodik in der Antriebsstrangentwicklung	3
1.2.2 Einfluss der Entwicklungsmethodik	4
1.2.3 Vernetzte Entwicklungsumgebungen	7
1.3 Aufbau des Buchs	8
2 Prüfstandstypen	11
2.1 Verbrennungsmotorenprüfstände	11
2.1.1 Anwendungsgebiete	11
2.1.2 Aufbau eines Prüfstandes für Verbrennungsmotoren	13
2.1.3 Stationäre Motorenprüfstände	15
2.1.4 Instationäre Motorenprüfstände	16
2.1.5 Forschungsprüfstände	21
2.1.6 Sondermotorenprüfstände	23
2.2 Komponentenprüfstände	25
2.2.1 Prüfstände für Verbrennungsmotorzusatzkomponenten	26
2.2.2 Prüfstände für Heißgaskomponenten	30
2.2.3 Prüfstände für Getriebekomponenten	40
2.2.4 Startermotorenprüfstand	41
2.2.5 Elektromotorenprüfstand	43
2.2.6 Inverterprüfstand	46
2.2.7 Batterieprüfstand	49
2.2.8 Brennstoffzellenprüfstand	51
2.3 Steuergeräte-Prüfstände (HiL)	53
2.3.1 Einführung	53
2.3.2 Aufbau	54

2.3.3	Steuergeräte-Komponententest	57
2.3.4	Steuergeräte-Verbundtest	61
2.3.5	Testautomatisierung	62
2.3.6	Modellbasierte Kalibrierung	62
2.4	Antriebsstrangprüfstände	64
2.4.1	Antriebsstrangprüfstände mit Verbrennungsmotor	64
2.4.2	Antriebsstrangprüfstände mit Prime Mover als Eintrieb	68
2.4.3	Hybridantriebsstrangprüfstände	74
2.5	Fahrzeugprüfstände	74
2.5.1	Rollenprüfstände für Emissionsentwicklung und -zertifizierung	77
2.5.2	Rollenprüfstände für Verbrauchs- und Leistungsmessungen	79
2.5.3	Rollenprüfstände für Dauerlauf und Dauerfestigkeit	82
2.5.4	Rollenprüfstände für NVH-Analysen	84
2.5.5	Rollenprüfstände für EMV-Analyse	86
2.5.6	Rollenprüfstände für erweiterte Applikationen	87
2.6	Rennsportprüfstände	89
2.6.1	Motorenprüfstände im Rennsport	90
2.6.2	Komponentenprüfstände im Rennsport	92
2.7	Abgasprüfstände	94
2.7.1	Übersicht Abgasprüfstände	94
2.7.2	Abgasprüfung für PKW am Rollenprüfstand	96
2.7.3	Abgasprüfung für Nutzfahrzeuge	105
2.7.4	Abgasprüfung für Non-Road Motoren	107
3	Hardwarensicht	109
3.1	Prüfstandsmechanik	111
3.1.1	Schwingfundament	113
3.1.2	Prüflingsaufspann- und Palettensysteme	116
3.1.3	Wellenverbindungen und Berührungsschutz	120
3.1.4	Wellenauslegung	122
3.2	Aktuatoren	124
3.2.1	Mechanische Belastungseinheiten	125
3.2.2	Weitere mechanische Belastungseinheiten	139
3.2.3	Elektrische Belastungseinheiten	141
3.2.4	Klimatische Belastungseinheiten	144
3.3	Messtechnik	154
3.3.1	Temperaturmessung	154
3.3.2	Messung elektrischer Größen	156
3.3.3	Dehnungsmessung	157
3.3.4	Kraft- und Druckmessung	157

3.3.5	Beschleunigungsmessung	159
3.3.6	Drehmomentenmessung	160
3.3.7	Drehzahlmessung	166
3.3.8	Kraftstoffmessung	168
3.3.9	Luftmengenmessung	174
3.3.10	Ölverbrauchsmessung	176
3.3.11	Zündwinkelmessung	178
3.3.12	Lambdasonden	179
3.3.13	Abgasmessung	180
3.3.14	Partikelmessung und Abgastrübung	204
3.3.15	Drall und Tumble	216
3.3.16	Indiziermesstechnik	238
3.3.17	Brennstoffzellenmesstechnik	238
3.4	Messfehler und Genauigkeit	246
3.4.1	Messkette	246
3.4.2	Einfluss des Sensoreinbauortes	247
3.4.3	Messunsicherheiten	248
3.4.4	Interpolationsfehler	248
3.4.5	Kalibrierung und Justierung	250
3.4.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	250
3.5	Bussysteme	253
3.5.1	Übersicht	253
3.5.2	CAN	255
3.5.3	Profibus	259
3.5.4	Industrial Ethernet	262
3.5.5	Weitere Fahrzeugbusse	265
3.6	PC-Schnittstellen	266
3.6.1	RS232	267
3.6.2	RS422 und RS485	267
3.6.3	Ethernet, TCP/IP und UDP	268
3.6.4	USB	269
3.6.5	IEEE1394	270
3.6.6	VXI, VISA, PXI	271
4	Softwaresicht – Prüfstand	273
4.1	Softwarestruktur und Schnittstellenstandards	273
4.1.1	Softwarestruktur	273
4.1.2	Schnittstellenstandards	275
4.2	Messdatenerfassung	282
4.2.1	Arten der Datenerfassung	282
4.2.2	Erfassungszeitpunkt	284

4.2.3	Synchronisierung	285
4.2.4	Modale Kriterien	286
4.2.5	Datenvorverarbeitung	287
4.3	Signalverarbeitung	288
4.3.1	Signalgeneratoren	288
4.3.2	Berechnung	289
4.3.3	Filterung	290
4.3.4	Grenzwertüberwachung	291
4.3.5	Allgemeine Regler	292
4.3.6	Bewertung und Plausibilität	298
4.4	Datenaufzeichnung	300
4.4.1	Stationärmessung	300
4.4.2	Kontinuierliche Aufzeichnung	301
4.4.3	Post-Mortem-Aufzeichnung	301
4.5	Prüfstandsregelung und Simulation	302
4.5.1	Regelung am Verbrennungsmotorprüfstand	302
4.5.2	Regler für Antriebsstrangprüfstände	309
4.5.3	Regelung am Rollenprüfstand	312
4.5.4	Einfache Fahrzeugersatzmodelle	314
4.5.5	Virtueller Fahrversuch	321
4.5.6	Virtuelle Fahrzeugintegration	331
4.5.7	Restbussimulation	335
4.6	Testautomatisierung	337
4.6.1	Prüfablauf	337
4.6.2	Prüfstandszustandssteuerung	340
4.6.3	Automatische Bedatung von Steuergeräten	340
4.7	Messdatenauswertung	350
4.7.1	Messdatenauswahl	350
4.7.2	Messdatendarstellung	353
4.7.3	Datensynchronisierung	357
4.7.4	Formeln und Berechnungen	360
4.7.5	Klassierungen	363
4.7.6	Effizienzsteigerung bei der Datenauswertung	365
4.8	Sicherheit	367
4.8.1	Gefährdungsanalyse und Risikobeurteilung	367
4.8.2	Gefährdungsanalyse an Prüfständen	368
4.8.3	Sicherheitsrelevante Systeme	370
4.8.4	Sicherheitsfunktionen	370
4.8.5	Sicherheitshardware	371
4.8.6	Aufbau der Sicherheitsfunktionen	372

5	Softwaresicht – Prüffeld	377
5.1	Einleitung Prüffeld	378
5.1.1	Einordnung	378
5.1.2	Herausforderungen	378
5.1.3	Prüffeldprozesse	379
5.2	Workflow Management	380
5.2.1	Aufgabenplanung im Prüffeld	380
5.2.2	Auslastungsoptimierung	382
5.2.3	Prüffeldzustandsüberwachung	384
5.3	Ressourcenmanagement	387
5.3.1	Anforderungen an die Prüfmittelverwaltung	387
5.3.2	Beispielanwendung	388
5.3.3	Prüfmitteldaten	389
5.3.4	Wartung von Prüfmitteln	389
5.3.5	Sensorkalibrierdaten	389
5.4	Daten- und Informationsmanagement	391
5.4.1	Ergebnisdatenverwaltung	391
5.4.2	Applikationsdatenmanagement	394
5.4.3	Modellmanagement	397
5.4.4	Namensverwaltung im Prüffeld	398
5.4.5	Datenhaus	399
5.5	Datenmanagement in verteilten Prüffeldern	400
	Literaturverzeichnis	403
	Sachwortverzeichnis	409