

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

XIII

1	Einführung und Übersicht	1
1.1	Grundlegende Begrifflichkeiten.....	1
1.1.1	Definition Kraftfahrzeug.....	1
1.1.2	Lebenszyklus eines Kraftfahrzeugs	2
1.1.3	Kraftfahrzeuge als Teil der Energiekette.....	3
1.1.4	Kraftfahrzeugklassen und -segmente.....	4
1.1.5	Fahrzeugtypen nach Antriebsart	5
1.1.6	Zulassungszahlen.....	6
1.2	Aufbau eines Kraftfahrzeugs	7
1.2.1	Baugruppen und Komponentenanzordnung	7
1.2.2	Wichtige Abmessungen und Packaging	9
1.2.3	Das Kraftfahrzeug im Straßenverkehr	11
1.3	Normen und Konventionen.....	11
1.4	Entwicklung ausgewählter Kenngrößen	12
2	Räder und Reifen	15
2.1	Reifenaufbau.....	15
2.1.1	Aufbau des Radialreifens.....	15
2.1.2	Vermeidung von Reifenpannen und Reifen mit Notlaufeigenschaften	18
2.2	Anmerkungen zum Herstellungsprozess eines Reifens	18
2.2.1	Reifenbezeichnungen.....	19
2.3	Grundlagen der Charakteristik von Reifen	20
2.3.1	Visko-elastisches Verhalten.....	20
2.3.2	Gummireibung.....	22
2.3.3	Rollwiderstand.....	24
2.3.4	Übertragung von Vertikalkräften	26
2.3.5	Einfluss des Reifenfülldrucks auf die Reifeneigenschaften.....	27
2.3.6	Einfluss der Temperatur auf die Reifeneigenschaften.....	30
2.3.7	Zielkonflikte der Reifenentwicklung	32
2.4	Mathematische Beschreibung der Reifenkräfte	33
2.4.1	Kennzeichnung der Reifenkräfte	33
2.4.2	Reifen unter der Einwirkung von Vertikalkräften	34
2.4.3	Reifen unter Einwirkung von Längs- und Seitenkräften.....	35
2.4.4	Einfluss der Reifennormalkräfte	42

2.4.5	Einfluss des Radsturzes auf die Reifenquerkraft	43
2.4.6	Mathematische Reifenmodelle	43
2.4.7	Überlagerung der Horizontalkräfte	45
2.4.8	Zeitlicher Verlauf der Reifenkräfte	47
2.4.9	Dynamik des gebremsten und angetriebenen Rades	49
2.5	Überwachung des Reifendrucks	50
2.5.1	Direkte Reifendrucküberwachung	51
2.5.2	Indirekte Reifendrucküberwachung	54
3	Fahrzeugdynamik und Fahrwerk	57
3.1	Allgemeine Definition der Fahrzeugbewegung	57
3.2	Koordinatensysteme	59
3.3	Aufbau und Komponenten des Fahrwerks	60
3.4	Achskenngrößen	62
3.4.1	Vorspur	63
3.4.2	Sturzwinkel	64
3.4.3	Lenkachse	65
3.5	Fahrdynamische Grundlagen	67
3.5.1	Beschreibung der ebenen Fahrzeugdynamik am linearen Einspurmodell	67
3.5.2	Bewegungsgleichungen des linearen Einspurmodells	68
3.5.3	Stationäres Lenkverhalten und Kreisfahrt	74
3.5.4	Instationäres Lenkverhalten und Fahrstabilität	76
3.5.5	Einfluss des Aufbauwankens	77
3.5.6	Quasistatische Berechnung der dynamischen Radlasten	82
3.5.7	Auswirkung der Radlasten auf das Kurvenverhalten	83
3.6	Beschreibung grundlegender Dynamikeigenschaften im allgemeinen Fall	85
3.6.1	Stationäres Fahrverhalten	86
3.7	Fahrmanöver	94
3.7.1	Manöver stationäre Kreisfahrt	95
3.7.2	Frequenzgang	95
3.7.3	Lenkwinkelsprung	96
3.7.4	Doppelter Spurwechsel	97
3.8	Fahrwerke und Radaufhängungen	98
3.8.1	Überblick über Ausprägungen von Radaufhängungen	98
3.8.2	MacPherson-Federbeinradaufhängung	99
3.8.3	Mehrlenkerradaufhängung	101
3.8.4	Untersuchung der Radaufhängungsbewegung	103
3.9	Vertikaldynamik	106
3.9.1	Vertikaldynamische Anforderungen an das Fahrwerk	107
3.9.2	Fahrbahnanregung	107
3.9.3	Reifenvertikaldynamik	110
3.9.4	Aufbaufedern	110
3.9.5	Aufbaudämpfer	114

3.9.6	Stabilisatoren	115
3.9.7	Beschreibung der Vertikaldynamik	117
3.9.8	Schwingungsfrequenzen von Rad, Sitz und Aufbau	120
4	Kraftfahrzeuglenkung	121
4.1	Anforderungen an eine Kraftfahrzeuglenkung.....	121
4.2	Fahrer-Fahrzeug-Interaktion und Lenkgefühl	122
4.3	Grundlegende Bauformen von Fahrzeuglenkungen.....	124
4.4	Auslegung der Lenkkinematik	126
4.4.1	Lenkkinematik nach Ackermann	126
4.4.2	Dynamische Auslegung der Lenkkinematik	128
4.5	Aufbau einer Kraftfahrzeuglenkung	129
4.5.1	Lenkrad	130
4.5.2	Lenksäule und Lenkzwischenwellen	130
4.5.3	Lenkgetriebe	132
4.6	Kenngrößen am gelenkten Rad	133
4.6.1	Definition geometrischer Größen am Rad	134
4.6.2	Änderung der geometrischen Größen beim Lenken	135
4.7	Lenkübersetzung.....	137
4.7.1	Übersetzung des Lenkgetriebes	138
4.7.2	Übersetzung des Lenkgestänges	139
4.8	Lenkmoment bei konventionellen Lenkungen.....	142
4.8.1	Zahnstangenkraft	143
4.8.2	Bohrmoment	143
4.8.3	Bohrmoment beim Lenken im Stand	144
4.8.4	Zahnstangenkraft bei großen Lenkwinkeln.....	146
4.8.5	Zahnstangenkraft beim Parkieren	146
4.9	Vereinfachtes Modell einer Zahnstangenlenkung	147
4.10	Hilfskraftlenkung	150
4.10.1	Hydraulische Hilfskraftlenkung.....	151
4.10.2	Elektrohydraulische Hilfskraftlenkung	152
4.10.3	Elektromechanische Hilfskraftlenkung	153
4.11	Innovative Ansätze zur Fahrzeuglenkung	161
4.11.1	Überlagerungslenkung	161
4.11.2	Allradlenkung	162
4.11.3	Steer-by-Wire.....	163
5	Bremssysteme	165
5.1	Bremssystemstrukturen.....	165
5.2	Ausführungen von Bremssystemen	165
5.2.1	Bauarten	166

5.2.2	Funktionsweisen	167
5.2.3	Ideale Bremskraftverteilung	168
5.2.4	Ausfall eines Bremskreises	172
5.3	Baugruppen von Bremsanlagen	172
5.3.1	Übersicht und Funktionsweise	172
5.3.2	Bremspedal und Hauptbremszylinder	177
5.3.3	Bremskraftverstärker	178
5.3.4	Trommelbremsen	180
5.3.5	Scheibenbremsen	181
5.3.6	Bremsscheiben	182
5.3.7	Bremsbeläge	182
5.3.8	Thermisches Verhalten von Bremsen	183
5.4	Bremskreisaufteilung	184
5.5	Der Bremsvorgang	184
5.5.1	Reaktions- und Ansprechzeiten	184
5.5.2	Bremswege	185
5.6	Fremdkraftbremsen	187
5.6.1	Elektro-Hydraulische Bremse (EHB)	187
5.6.2	Elektromechanische Bremse (EMB) und Brake-by-Wire-Bremsen	188
6	Antrieb	191
6.1	Triebstrangstrukturen	191
6.2	Antriebsbedarf von Kraftfahrzeugen	193
6.2.1	Fahrwiderstand	194
6.2.2	Radwiderstand	195
6.2.3	Luftwiderstand	197
6.2.4	Steigungswiderstand	197
6.2.5	Beschleunigungswiderstand	198
6.2.6	Die Zugkraftgleichung	199
6.2.7	Ideales Antriebs- und Lieferkennfeld	201
6.3	Tangentiale Kraftübertragung Fahrzeug-Fahrbahn	202
6.4	Antriebsquellen	203
6.4.1	Verbrennungsmotoren	204
6.4.2	Elektrische Traktionsantriebe	215
6.4.3	Leistungselektronik	218
6.4.4	Hybridantriebe	220
6.4.5	Realisierung von Antriebsstrangstrukturen im Gesamtfahrzeug	225
6.5	Getriebe und Antriebsstrang	226
6.5.1	Getriebe	226
6.5.2	Leistungsverluste im Antriebsstrang	228
6.6	Verbrauch	229
6.6.1	Berechnung des Verbrauchs	229
6.6.2	Willans-Kennlinien	230

6.6.3	Ermittlung von Fahrzuständen.....	231
6.6.4	Fahrzyklen	232
6.7	Energiequellen und -speicher.....	235
6.7.1	Fossile Kraftstoffe.....	235
6.7.2	Alternative Kraftstoffe.....	237
6.7.3	Elektrische Energiespeicher	237
7	Fahrzeugsicherheit	247
7.1	Gebiete der Fahrzeugsicherheit.....	248
7.1.1	Begriffsbestimmungen.....	248
7.1.2	Systeme der aktiven Sicherheit	249
7.1.3	Systeme der passiven Sicherheit.....	250
7.1.4	Gesetzliche Regelungen und Vorschriften	251
7.2	Der Einfluss der Fahrzeugstruktur	254
7.3	Grundsätzlicher Ablauf eines Frontalaufpralls.....	258
7.3.1	Physikalische Betrachtungen zum Frontalaufprall.....	258
7.3.2	Unfallschwereparameter	260
7.4	Rückhaltesysteme	261
7.4.1	Sicherheitsgurte und Gurtstraffer.....	262
7.4.2	Airbag Systeme.....	264
7.4.3	Auslösesensorik und Algorithmen	268
7.5	Insassen-Erkennung	271
7.6	Fahrzeugüberschlag	271
8	Elektrisches Bordnetz	277
8.1	Energiebordnetz	278
8.1.1	Historische Entwicklung.....	278
8.1.2	Aufbau und Funktionsweise heutiger Bordnetze	280
8.2	Energiespeicher.....	288
8.2.1	Starterbatterien.....	291
8.2.2	Kenngrößen und Richtlinien für Blei-Säure Batterien.....	293
8.3	Modellierung des Batterieverhaltens	297
8.4	Generatoren im Kraftfahrzeug.....	302
8.4.1	Auslegung von Kraftfahrzeuggeneratoren	303
8.4.2	Wirkungsgrade von Kraftfahrzeug-Generatoren.....	303
8.5	Vereinfachtes Modell eines Kraftfahrzeug-Generators	305
8.5.1	Elektrische Maschine.....	306
8.5.2	Gleichrichter	308
8.5.3	Spannungsregler.....	309
8.5.4	Generatorlastmoment.....	309
8.6	Elektrische Verbraucher im Bordnetz	310

8.7	Ansätze für ein Energiemanagement	311
8.8	Informationsbordnetz.....	313
8.8.1	Übersicht über Bussysteme in Kraftfahrzeugen	314
8.8.2	Grundbegriffe	315
8.8.3	Analoge Signalübertragung	315
8.8.4	Bustopologien.....	316
8.8.5	Aufbau eines Bussystems	317
8.8.6	Das Bus-Protokoll.....	318
8.8.7	Der Datenrahmen.....	320
8.8.8	Der Bitstrom	324
8.8.9	Busmedien – Physical Layer	325
8.8.10	Beispiele für Bussysteme im Kraftfahrzeug neben CAN	326
9	Fahrdynamikregelsysteme (FDR) und Fahrerassistenzsysteme (FAS)	331
9.1	Definition des Begriffs Fahrerassistenzsystem	333
9.2	Fahrzeugautomatisierungskonzepte.....	334
9.2.1	Einteilung nach dem Grad der Automatisierung.....	334
9.2.2	Teilautomatisierte Systeme	334
9.2.3	Hochautomatisierte Systeme	336
9.2.4	Vollautomatisierte Fahrzeuge und Systeme	337
9.3	Fahrerassistenzsysteme vs. Fahrdynamikregelsysteme	338
9.4	Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS).....	338
9.4.1	Sensorische Kanäle.....	339
9.4.2	Warnstufen.....	341
9.5	Fahrdynamikregelsysteme	341
9.5.1	Antiblockiersystem (ABS)	341
9.5.2	Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR).....	347
9.5.3	Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP).....	348
9.6	Fahrerassistenzsysteme.....	350
9.6.1	Adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC)	350
9.6.2	Spurhalteassistentz.....	358
9.6.3	Spurwechselassistentz.....	360
9.6.4	Fußgängerassistentz	361
9.6.5	Einparkassistentz	365
10	Fahrerassistenten	367
10.1	Grundlegende Anforderungen an Fahrerassistenten.....	368
10.1.1	Wahrnehmung und Bedeutung beim Führen eines Kfz	370
10.1.2	Fahrerführung und Anforderung an die Informationsquellen beim Fahrerassistenten.....	371
10.2	Klassifizierung und grundlegender Aufbau von Fahrerassistenten	372
10.2.1	Simulation.....	373
10.2.2	Fahrerassistentenplatz	373

10.2.3	Umgebungsdarstellung	374
10.2.4	Das Bewegungssystem	375
10.3	Simulatorversuch	377
10.3.1	Gründe für den Einsatz von Simulatoren	377
10.3.2	Studiendesign und Durchführung	379
10.3.3	Datenerhebung beim Simulatorversuch.....	380
10.4	Beispielhafte Umsetzung eines Fahrsimulators	380
10.4.1	Schreibtischsimulator.....	381
10.4.2	Simulator mit Cockpit.....	382
10.4.3	Statischer Fahrsimulator mit Komplettfahrzeug	383
10.4.4	Dynamische Fahrsimulatoren	384
Literaturverzeichnis		391
Stichwortverzeichnis		401