

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einleitung und Grundlagen</b>	<b>1</b>
	<i>Metin Ersoy, Stefan Gies und Bernd Heißing</i>	
1.1	<b>Geschichte, Definition, Bedeutung</b>	<b>4</b>
1.1.1	Entstehungsgeschichte	4
1.1.2	Definition und Abgrenzung	12
1.1.3	Aufgabe und Bedeutung	14
1.2	<b>Fahrwerk Aufbau</b>	<b>15</b>
1.2.1	Fahrzeugklassen	15
1.2.2	Antriebskonzepte	18
1.2.3	Fahrwerkkonzeption	21
1.2.4	Trends in der Fahrwerkkonzeption	22
1.3	<b>Fahrwerksauslegung</b>	<b>25</b>
1.3.1	Anforderungen an das Fahrwerk	27
1.3.2	Fahrwerk-Kinematikauslegung	28
1.3.3	Kinematik der Radaufhängung	29
1.3.4	Elastokinematik und Bauteilelastizitäten der Radaufhängung	45
1.3.5	Zielwerte für die Kenngrößen	47
1.3.6	Synthese der Radaufhängungen	47
	<b>Literatur</b>	<b>49</b>
<b>2</b>	<b>Fahrdynamik</b>	<b>51</b>
	<i>Metin Ersoy, Christoph Elbers, Daniel Wegener, Jörn Lützow, Christian Bachmann und Christian Schimmel</i>	
2.1	<b>Fahrwiderstände und Energiebedarf</b>	<b>55</b>
2.1.1	Fahrwiderstände	55
2.1.2	Seitenwindkräfte	70
2.1.3	Leistungs- und Energiebedarf	73
2.1.4	Kraftstoffverbrauch	74
2.2	<b>Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn</b>	<b>77</b>
2.2.1	Physik der Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn	80
2.2.2	Reifenkräfte im Detail	92
2.2.3	Wirkung der Reifenkräfte auf die Fahrstabilität	94
2.3	<b>Längsdynamik</b>	<b>96</b>
2.3.1	Anfahren und Bremsen	96
2.4	<b>Vertikaldynamik</b>	<b>99</b>
2.4.1	Aufbaufedern	100
2.4.2	Schwingungsdämpfer	101
2.4.3	Fahrbahn als Anregung	103
2.4.4	Zweimassen-Feder-Dämpfersysteme mit dem Reifen als Federelement	107
2.4.5	Federungsmodelle	108
2.4.6	Parametervariation	115
2.4.7	Verknüpfung Fahrbahn–Fahrzeug	118
2.4.8	Menschliche Schwingungsbewertung	122
2.4.9	Erkenntnisse aus den vertikaldynamischen Grundlagen	124

2.5	<b>Querdynamik</b>	124
2.5.1	Anforderungen an das Fahrverhalten	125
2.5.2	Lenkkinematik	126
2.5.3	Fahrzeugmodellierung	128
2.5.4	Die Regelstrecke „Fahrzeug“ im Regelkreis	143
2.5.5	Frequenzgangbetrachtung bei variierten Fahrzeugparametern	149
2.5.6	Zweispur-Fahrzeugmodellierung	151
2.5.7	Parametervariation	154
2.6	<b>Allgemeine Fahrdynamik</b>	161
2.6.1	Wechselwirkungen zwischen Vertikal-, Längs- und Querdynamik	162
2.6.2	Kritische Fahrsituationen	163
	<b>Literatur</b>	167
<b>3</b>	<b>Fahrverhalten</b>	171
	<i>Bernd Heißing und Christian Schimmel</i>	
3.1	<b>Beurteilung des Fahrverhaltens</b>	173
3.2	<b>Fahrmanöver</b>	174
3.3	<b>Fahrmanöver Parameterraum</b>	178
3.4	<b>Abstimmungsmaßnahmen</b>	180
3.4.1	Abstimmungsmaßnahmen zum stationären Lenkverhalten	181
3.5	<b>Subjektive Fahrverhaltensbeurteilung</b>	183
3.5.1	Bewertungsmethoden und Darstellung	183
3.5.2	Anfahrverhalten	184
3.5.3	Bremsverhalten	184
3.5.4	Lenkverhalten	184
3.5.5	Kurvenverhalten	185
3.5.6	Geradeausfahrt	188
3.5.7	Fahrkomfort (subjektiv)	188
3.6	<b>Objektive Fahrverhaltensbeurteilung</b>	193
3.6.1	Messgrößen	194
3.6.2	Anfahrverhalten	194
3.6.3	Bremsverhalten	194
3.6.4	Lenkverhalten	197
3.6.5	Kurvenverhalten	198
3.6.6	Geradeausfahrt	201
3.6.7	Fahrkomfort (objektiv)	203
3.7	<b>Aktive und passive Sicherheit</b>	204
	<b>Literatur</b>	206
<b>4</b>	<b>Fahrkomfort</b>	207
	<i>Wolfgang Sauer, Klaus Kramer und Metin Ersoy</i>	
4.1	<b>Grundlagen, Mensch und NVH</b>	208
4.1.1	Begriffe und Definitionen	208
4.1.2	Schwingungs- und Geräuschquellen	210
4.1.3	Wahrnehmungsgrenzen des Menschen	211
4.1.4	Das Wohlbefinden des Menschen	212
4.1.5	Maßnahmen gegen Schwingungen und Geräusche	213
4.1.6	Vorgehen bei der NVH-Optimierung	215

4.2	<b>Gummiverbundteile</b>	216
4.2.1	Funktion der Gummiverbundteile	216
4.2.2	Elastomerspezifische Definitionen	218
4.3	<b>Aggregatelager</b>	220
4.3.1	Hydraulisches Motorlager	222
4.3.2	Schaltbares Hydrolager	224
4.4	<b>Fahrwerk – Gummilager</b>	225
4.4.1	Hülsenlager	226
4.4.2	Gleitlager	228
4.4.3	Hydraulisch dämpfende Buchsen	229
4.4.4	Verbundlenkerlager	232
4.5	<b>Achsträgerlager</b>	233
4.6	<b>Federbeinstützlager</b>	235
4.7	<b>Berechnungsmethoden</b>	236
4.8	<b>Akustische Bewertung von Gummiverbundteilen</b>	238
4.9	<b>Zukünftige Bauteilausführungen</b>	239
4.9.1	Sensorik	240
4.9.2	Schaltbares Fahrwerkklager	240
4.9.3	Regelbares Fahrwerkklager	242
	<b>Literatur</b>	243
<b>5</b>	<b>Fahrwerkentwicklung</b>	245
	<i>Metin Ersoy, Christoph Elbers und Bernhard Schick</i>	
5.1	<b>Entstehung des Fahrwerks</b>	246
5.1.1	Entwicklungsprozess	247
5.1.2	Projektmanagement (PM)	253
5.2	<b>Planung und Definitionsphase</b>	253
5.2.1	Zielwertkaskadierung	254
5.3	<b>Konzeptphase</b>	256
5.4	<b>Virtuelle Simulation</b>	256
5.4.1	Software für die Mehrkörpersimulation (MKS)	257
5.4.2	Software für Finite Elemente Methode (FEM)	260
5.4.3	Vollfahrzeugsimulation	265
5.4.4	Software zur 3D-Modellierung CAD	274
5.5	<b>Integrierte Simulationsumgebung</b>	275
5.5.1	Kinematische Analyse: Basistool ABE	276
5.5.2	Vollautomatische Kinematik- und Elastokinematik-Optimierung OPT	278
5.5.3	Virtuelle Produktentwicklungsumgebung	279
5.6	<b>Serienentwicklung und Absicherung</b>	281
5.6.1	Konstruktion	282
5.6.2	Validierung	285
5.6.3	Validierung am Gesamtfahrzeug	290
5.6.4	Optimierung und Abstimmung	291
5.7	<b>Hardware-in-the-Loop Simulation</b>	291
5.7.1	Funktionsweise von in-the-Loop Testumgebungen	292
5.7.2	Steuergeräteintegration und Funktionsweise	294
5.7.3	Varianten von HIL-Systeme	295
5.7.4	Testmethoden	296

5.8    **Serienbegleitende Entwicklung** ..... 298

5.9    **Ausblick und Zusammenfassung** ..... 298

**Literatur** ..... 299

  

**6    Bestandteile des Fahrwerks** ..... 301

*Metin Ersoy und Volker Vogel*

6.1    **Struktur des Fahrwerks** ..... 302

6.1.1    Funktionelle Struktur des Fahrwerks ..... 302

6.1.2    Modulare Struktur des Fahrwerks ..... 303

6.1.3    Bestandteile des Fahrwerks ..... 304

6.2    **Fahrwerk Antriebsstrang** ..... 304

6.2.1    Anordnungen ..... 304

6.2.2    Allradantrieb (Längsverteiler) ..... 310

6.2.3    Allradantrieb (Längs-/Querverteiler) ..... 312

6.2.4    Abschaltbare Allradsysteme ..... 312

6.2.5    Betriebsstrategien ..... 313

6.2.6    Aktuelle Allradsysteme ..... 314

6.2.7    Seitenwellen ..... 316

**Literatur** ..... 317

  

**7    Bestandteile der Bremse** ..... 319

*James Remfrey, Steffen Gruber, Norbert Ocvirk, Metin Ersoy und Andree Burgstaler*

7.1    **Aufgaben und Grundlagen** ..... 320

7.2    **Arten von Bremsanlagen** ..... 321

7.2.1    Allgemeine Anforderungen ..... 322

7.3    **Gesetzliche Vorschriften** ..... 323

7.4    **Auslegung der Bremsanlage** ..... 324

7.4.1    Bremskraftverteilung ..... 324

7.4.2    Dimensionierung ..... 326

7.4.3    Bremskoeffizient ..... 327

7.5    **Bremsmomente und Dynamik** ..... 328

7.5.1    Bremsmomente ..... 328

7.5.2    Bremsdynamik ..... 328

7.6    **Komponenten des Bremssystems** ..... 330

7.6.1    Bremssattel ..... 330

7.6.2    Bremsscheibe ..... 334

7.6.3    Bremsbelag ..... 337

7.6.4    Trommelbremse ..... 337

7.6.5    Bremsleitungen und -schläuche ..... 339

7.6.6    Bremsflüssigkeit ..... 340

7.6.7    Bremskraftverstärker ..... 340

7.6.8    Tandem-Hauptzylinder ..... 343

7.6.9    Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) ..... 344

7.7    **Bremsregelsysteme** ..... 350

7.7.1    Bremsassistent (MBA, EBA, HBA) ..... 350

7.7.2    Assistenzfunktionen des Bremssystems ..... 355

7.8	<b>Neue und zukünftige Systemarchitekturen</b>	361
7.8.1	Entkoppelte Bremssysteme	362
7.8.2	Regeneratives Bremssystem	367
7.8.3	Vernetztes Chassis	369
7.8.4	Ausblick	370
	<b>Literatur</b>	371
<b>8</b>	<b>Bestandteile der Lenkung</b>	373
	<i>Metin Ersoy, Wolfgang Rieger, Christian Greis, Guido Hirzmann und Burkhard Schäfer</i>	
8.1	<b>Anforderungen und Bauformen</b>	374
8.2	<b>Hydraulische Zahnstangenlenkung</b>	379
8.2.1	Technik und Funktion	379
8.2.2	Aufbau und Bauteile	382
8.2.3	Spurstangen für Zahnstangenlenkung	387
8.3	<b>Lenkstrang, Lenksäule und Lenkrad</b>	392
8.3.1	Komponenten und Funktionseinheiten	392
8.3.2	Crashanforderungen und Energieverzehrmeechanismen	396
8.3.3	Ausblick und Modularisierung	400
8.3.4	Lenkrad	401
8.4	<b>Elektromechanische Lenkung</b>	407
8.4.1	Bauformen	407
8.4.2	Aufbau der Elektrolenkung	411
8.4.3	Vorteile der Elektrolenkung	414
8.4.4	Bedeutung der Lenkung für die Assistenzsysteme	415
8.5	<b>Überlagerungs- oder Aktivlenkung</b>	416
8.5.1	Überlagerung von Momenten	416
8.5.2	Überlagerung von Winkeln	417
8.5.3	Stellervarianten der Aktivlenkung	418
8.5.4	Überlagerungsaktor am Lenkgetriebe	419
8.5.5	Überlagerungsaktor in der Lenksäule	420
8.5.6	Überlagerungsaktor um die Zwischenwelle	420
8.5.7	Überlagerungsaktor im Lenkrad	421
8.5.8	Steuergerät und Sicherheitskonzept	421
8.5.9	Funktionen der Aktivlenkung	422
8.6	<b>Zahnstangenservolenkung mit Momenten- und Winkelsteller</b>	426
8.7	<b>Hinterachs- und Allradlenkung</b>	427
8.7.1	Wenden bei langsamer Fahrt mit kleinstmöglichem Wendekreis	428
8.7.2	Spurwechsel mit höherer Geschwindigkeit	428
8.8	<b>Steer-by-wire-Lenkssystem und Einzelradlenkung</b>	430
8.8.1	Systemkonzept und Bauteile	431
8.8.2	Technik, Vorteile und Chancen	434
8.8.3	Neuartige Lenkssysteme der Zukunft	435
8.9	<b>Lenkungsbasierte Assistenzsysteme</b>	436
	<b>Literatur</b>	437

<b>9</b>	<b>Komponenten der Federung</b> .....	439
	<i>Jörg Neubrand, Metin Ersoy und Hans-Dieter Eulenbach</i>	
9.1	<b>Aufgabe der Federung</b> .....	440
9.2	<b>Systematik der Federarten</b> .....	440
9.3	<b>Konstruktion und Berechnung von Stahlfedern</b> .....	440
9.3.1	Blattfedern .....	441
9.3.2	Drehstabfedern .....	444
9.3.3	Stabilisatoren .....	447
9.3.4	Schraubenfedern .....	456
9.4	<b>Werkstoffe für Stahlfedern</b> .....	465
9.5	<b>Herstellung von Stahlfedern</b> .....	469
9.5.1	Warmumformung .....	469
9.5.2	Vergütung warmgeformter Federn .....	471
9.5.3	Kaltumformung .....	471
9.5.4	Kugelstrahlen .....	473
9.5.5	Plastifizieren .....	473
9.5.6	Korrosionsschutz .....	474
9.5.7	Endkontrolle und Markierung .....	475
9.6	<b>Compositfedern</b> .....	475
9.7	<b>Federung für Niveauregelung</b> .....	477
9.7.1	Aufgaben und Bauarten .....	477
9.7.2	Berechnung von Gasfedern und deren Eigenschaften .....	478
9.8	<b>Federung durch Elastomerfeder</b> .....	481
9.9	<b>Federung durch Gaskompression</b> .....	482
9.9.1	Vor- und Nachteile von Gasfedern .....	483
9.9.2	Luftfederung .....	483
9.9.3	Hydropneumatische Federung .....	484
	<b>Literatur</b> .....	485
<b>10</b>	<b>Bestandteile der Dämpfung</b> .....	487
	<i>Alexander Groß, Anja Stretz, Metin Ersoy, Hans-Dieter Eulenbach, Henning Gold und Reinhard Sonnenburg</i>	
10.1	<b>Aufgabe der Dämpfung</b> .....	488
10.2	<b>Teleskopdämpfer-Bauarten</b> .....	492
10.2.1	Zweirohrdämpfer .....	492
10.2.2	Einrohrdämpfer .....	493
10.2.3	Vergleich beider Dämpferarten .....	494
10.2.4	Sonderbauarten .....	494
10.3	<b>Stoßdämpferberechnung</b> .....	495
10.3.1	Auslegung der Dämpfungskraft .....	495
10.3.2	Dynamische Eigenschaften von Dämpfern .....	496
10.3.3	Dynamische Eigenschaften von Dämpfermodulen .....	496
10.4	<b>Zusatzfunktionen im Dämpfer</b> .....	497
10.4.1	Zug- und Druckanschläge .....	498
10.4.2	Hubabhängige (Vario) Dämpfung .....	501
10.4.3	Amplitudenselektive (Sensitiv) Dämpfung .....	502
10.4.4	Frequenzselektive Dämpfung .....	504
10.5	<b>Dämpferlager</b> .....	504

10.6	<b>Semiaktive Dämpfung</b>	505
10.6.1	Lastabhängige Dämpfung	506
10.6.2	Elektrisch verstellbare Dämpfung mit einem Proportionalventil (CDC)	506
10.6.3	Verstellbare Dämpfung mit zwei Ventilen	509
10.6.4	Elektrisch verstellbare Dämpfung mit integrierter lokaler Intelligenz (ICD)	510
10.6.5	Elektrisch verstellbare Dämpfung nur für die Hinterachse (CDC 1XL)	511
10.7	<b>Alternative Dämpfungsprinzipien</b>	512
10.7.1	Rotationsdämpfer	512
10.7.2	Dämpfer mit rheologischen Flüssigkeiten	512
10.7.3	Verbunddämpfung	512
10.7.4	Elektrischer Dämpfer	513
10.8	<b>Kombinierte Feder-/Dämpfereinheit</b>	514
10.8.1	Federträger und Federbein	515
10.8.2	Hydropneumatische Federung	516
10.8.3	Selbstpumpendes, hydropneumatisches Feder- und Dämpferelement	517
10.8.4	Luftfederung und hydraulischer Dämpfer	521
10.9	<b>Gas-Feder-Dämpfereinheiten (GFD)</b>	523
10.9.1	Physikalische Grundlagen	523
10.9.2	Auslegung der Gas-Feder-Dämpfereinheit	530
10.9.3	Auslegung viskoelastischer Werkstoffe	536
10.9.4	Ausführungsbeispiele der GFD	536
10.9.5	Formelzeichen und Basisformeln der Gas-Feder-Dämpfer-Einheiten	538
	<b>Literatur</b>	539
<b>11</b>	<b>Bestandteile der Radführung</b>	541
	<i>Metin Ersoy und Klaus Schüller</i>	
11.1	<b>Aufgaben, Struktur und Systematik</b>	542
11.2	<b>Fahrwerklenker</b>	544
11.2.1	Systematik der Fahrwerklenker	544
11.2.2	Führungslenker	546
11.2.3	Traglenker	546
11.2.4	Hilfslenker	546
11.2.5	Anforderungen an Fahrwerklenker	547
11.2.6	Werkstoffe für Fahrwerklenker	547
11.2.7	Herstellverfahren für Fahrwerklenker	549
11.2.8	Auslegung und Optimierung der Lenker	560
11.2.9	Integration der Gelenke an den Lenker	562
11.3	<b>Kugelgelenk</b>	564
11.3.1	Aufgabe und Anforderungen	564
11.3.2	Systematik für Kugelgelenke	565
11.3.3	Aufbau der Kugelgelenke	566
11.3.4	Lagersystem (Schale, Fett)	570
11.3.5	Dichtsystem (Balg, Spannring)	574
11.3.6	Führungsgelenke	579
11.3.7	Traggelenke	581
11.3.8	Hülsengelenke	582

11.4	<b>Gummilager</b> .....	584
11.4.1	Aufgabe, Anforderungen, Funktion .....	584
11.4.2	Gummilager Ausführungen .....	588
11.5	<b>Drehgelenk</b> .....	589
11.6	<b>Dreh Schubgelenk</b> .....	590
11.7	<b>Kugelschubgelenk</b> .....	591
11.8	<b>Achsträger</b> .....	591
11.8.1	Aufgabe und Anforderungen .....	592
11.8.2	Systematik und Bauarten .....	592
	<b>Literatur</b> .....	596
<b>12</b>	<b>Bestandteile des Radmoduls</b> .....	597
	<i>Robert Plank und Peter Parteymüller</i>	
12.1	<b>Radträger</b> .....	598
12.1.1	Werkstoffe und Herstellverfahren .....	599
12.2	<b>Radlager</b> .....	602
12.2.1	Bauarten von Radlagern .....	602
12.2.2	Dichtung .....	606
12.2.3	Schmierung .....	607
12.2.4	ABS-Sensoren .....	607
12.3	<b>Herstellung von Radlagern</b> .....	610
12.3.1	Ringe und Flansche .....	610
12.3.2	Käfige und Wälzkörper .....	611
12.3.3	Montage .....	611
12.4	<b>Anforderung, Auslegung und Erprobung</b> .....	612
12.4.1	Ermüdungslebensdauer (Überrollfestigkeit) des Radlagers .....	614
12.4.2	Bauteilfestigkeit und Kippsteifigkeit .....	616
12.4.3	Verifizierung durch Prüfmethode .....	618
12.5	<b>Ausblick</b> .....	620
	<b>Literatur</b> .....	625
<b>13</b>	<b>Bestandteile Reifen und Räder</b> .....	627
	<i>Reinhard Mundl, Burkhard Wies, Carla Recker, Thomas Becherer, Metin Ersoy und Bernhard Schick</i>	
13.1	<b>Anforderungen an den Reifen</b> .....	628
13.1.1	Gebrauchseigenschaften .....	628
13.1.2	Gesetzliche Anforderungen .....	632
13.1.3	Umweltaspekte .....	634
13.2	<b>Bauarten, Aufbau und Material</b> .....	635
13.2.1	Reifenbauarten .....	635
13.2.2	Reifenaufbau .....	636
13.2.3	Sommer-, Winter-, All-Wetterreifen .....	637
13.2.4	Reifenmaterialien .....	638
13.2.5	Viskoelastische Eigenschaften von Gummi .....	639
13.3	<b>Kraftübertragung Reifen–Fahrbahn</b> .....	640
13.3.1	Tragverhalten .....	640
13.3.2	Kraftschlussverhalten, Aufbau von Horizontalkräften .....	640
13.3.3	Antreiben und Bremsen, Umfangskräfte .....	641



13.3.4	Schräglauf, Seitenkräfte und Rückstellmomente .....	643
13.3.5	Schräglaufsteifigkeit .....	644
13.3.6	Reifen unter Quer- und Längsschlupf .....	645
13.3.7	Reifengleichförmigkeit .....	646
13.4	<b>Reifenmodelle für die Simulation</b> .....	647
13.4.1	Reifenmodelle für die Horizontaldynamik .....	647
13.4.2	Reifenmodelle mit Finiten Elementen (FEM-Modelle) .....	648
13.4.3	Reifenmodelle für die Vertikaldynamik .....	650
13.4.4	Reifenmoden .....	650
13.4.5	Eigenschwingung der Kavität .....	651
13.4.6	Gesamtmodelle .....	651
13.5	<b>Auswahl und Entwicklung von Reifen und Rädern</b> .....	651
13.5.1	Reifen .....	651
13.5.2	Rad .....	652
13.6	<b>Moderne Reifentechnologien</b> .....	653
13.6.1	Reifensensorik .....	653
13.6.2	Reifennotlaufsysteme .....	656
13.6.3	Reifen und Regelsysteme Wintereigenschaften .....	659
13.6.4	High-Performance-(HP-) und Ultra-High-Performance-(UHP-)Reifen .....	660
13.7	<b>Test und Messmethoden im Fahrversuch</b> .....	661
13.7.1	Subjektive Testverfahren .....	662
13.7.2	Objektive Testverfahren für die Längshaftung .....	663
13.7.3	Objektive Testverfahren für Seitenhaftung .....	664
13.7.4	Akustik .....	664
13.8	<b>Test und Messmethoden im Labor</b> .....	665
13.8.1	Grundkonzepte für Reifenprüfstände .....	665
13.8.2	Festigkeitsprüfung .....	665
13.8.3	Charakteristikmessungen am Prüfstand .....	666
13.8.4	Charakteristikmessungen mit dem Laborfahrzeug .....	666
13.8.5	Rollwiderstandsmessung .....	667
13.8.6	Uniformity- und Geometrie-Messung .....	668
13.8.7	Streckenmessung und Modellierung .....	669
13.8.8	Verlustleistungsanalyse .....	670
13.8.9	Reifentemperaturverfahren .....	670
13.9	<b>Zukünftige Reifentechnologien</b> .....	671
13.9.1	Materialentwicklung .....	671
13.9.2	Nachhaltigkeit von Reifenrohstoffen .....	672
13.9.3	Rollwiderstandsenkung (Sparreifen) .....	672
13.9.4	Neuartige Reifenkonzepte .....	673
	<b>Literatur</b> .....	674
<b>14</b>	<b>Achsen und Radaufhängungen</b> .....	677
	<i>Metin Ersoy, Bernd Heißing und Stefan Gies</i>	
14.1	<b>Starrachsen</b> .....	683
14.1.1	Starrachsen mit Längsblattfederführung .....	685
14.1.2	Starrachsen mit Längs- und Querlenker .....	687
14.1.3	De-Dion-Achse: angetriebene Starrachse mit Zentralgelenk .....	689
14.1.4	Starrachsen mit Zentralgelenk- und Querlenkerführung (Deichselachse) .....	689

14.2	<b>Halbstarrachsen</b>	690
14.2.1	Koppellenkerachse	693
14.2.2	Torsionslenkerachse	693
14.2.3	Verbundlenkerachse	693
14.3	<b>Einzelradaufhängungen</b>	696
14.3.1	Kinematik der Einzelradaufhängung	696
14.3.2	Eigenschaften der Einzelradaufhängungen	699
14.3.3	Einzelradaufhängungen mit einem Lenker	699
14.3.4	Einzelradaufhängungen mit zwei Lenkern	703
14.3.5	Einzelradaufhängungen mit drei Lenkern	705
14.3.6	Vierlenker – Einzelradaufhängungen der Hinterachse (Mehrlenker)	709
14.3.7	Vierlenker – Einzelradaufhängungen der Vorderachse	718
14.3.8	Einzelradaufhängungen mit fünf Lenkern	720
14.3.9	Federbein-Einzelradaufhängungen	722
14.4	<b>Einzelradaufhängungen der Vorderachse</b>	729
14.4.1	Anforderungen an die Vorderachsaufhängungen	729
14.4.2	Komponenten der Vorderachse	731
14.4.3	Einsatzgebiete der Vorderachstypen	731
14.4.4	Besonderheiten der Vorderachsaufhängungen	732
14.5	<b>Einzelradaufhängungen der Hinterachse</b>	733
14.5.1	Anforderungen an die Hinterachsaufhängungen	733
14.5.2	Komponenten der Hinterachse	735
14.5.3	Einsatzgebiete der Hinterachstypen	735
14.5.4	Besonderheiten der Hinterachsaufhängungen	736
14.6	<b>Gesamtfahrwerk</b>	738
14.6.1	Zusammenspiel von Vorder- und Hinterachse	738
14.6.2	Eigenlenkverhalten des Fahrzeugs	738
14.6.3	Achslastverlagerungen	738
14.6.4	Konstruktionskatalog als Auswahlhilfe für die Achstypen	740
14.7	<b>Radaufhängungen der Zukunft</b>	740
14.7.1	Achstypen der letzten 20 Jahre	740
14.7.2	Häufigkeit der aktuellen Achstypen	741
14.7.3	Die zukünftigen Vorderachstypen (Tendenzen)	743
14.7.4	Die zukünftigen Hinterachstypen (Tendenzen)	744
	<b>Literatur</b>	746
<b>15</b>	<b>Fahrwerkelektronik</b>	747
	<i>Horst Krimmel und Metin Ersoy</i>	
15.1	<b>Motivation und Nutzen</b>	748
15.1.1	Grenzen passiver Fahrwerke	748
15.1.2	Fahrzeugführung	750
15.2	<b>Unterteilung der Fahrwerkregelsysteme</b>	751
15.2.1	Begriffsbestimmungen	751
15.2.2	Unterteilung der Fahrwerkregelsysteme in Domänen	752
15.3	<b>Längsdynamikfunktionen</b>	753
15.3.1	Traktionsregelung mit dem Allradverteilergetriebe	753
15.3.2	Traktionsregelung Achsgetriebe	755
15.3.3	Torque Vectoring	755

15.4	<b>Vertikaldynamikfunktionen</b>	756
15.4.1	Variable Dämpfer	757
15.4.2	Aktiver Stabilisator	758
15.4.3	Niveauregulierung	760
15.5	<b>Querdynamikfunktionen</b>	760
15.5.1	Elektrolenkung	760
15.5.2	Überlagerungslenkung	762
15.5.3	Hinterachslenkung	763
15.6	<b>Systemvernetzung und Funktionsintegration</b>	764
15.6.1	Systemvernetzung	764
15.6.2	Fahrdynamikregelung	764
15.6.3	Funktionsintegration	768
15.6.4	Funktionsarchitektur	768
15.6.5	Standardschnittstellen/Autosar	770
15.7	<b>Elektronik-Hardware, Sensorik und Aktuatorik</b>	771
15.7.1	Technologiebeispiele	771
15.7.2	Umweltanforderungen	773
15.7.3	Bussysteme im Fahrwerk	776
15.7.4	Aktuatoren im Fahrwerk	778
15.7.5	Sensoren im Fahrwerk	780
15.8	<b>Entwicklung der Fahrwerkregelsysteme</b>	784
15.8.1	Entwicklung gemäß Automotive SPICE	784
15.8.2	Funktionale Sicherheit	787
15.8.3	Simulation der Fahrwerkelektronik	788
15.8.4	Hardware-in-the-Loop-Simulation	790
	<b>Literatur</b>	791
<b>16</b>	<b>Elektronische Systeme im Fahrwerk</b>	793
	<i>Metin Ersoy, Christoph Elbers, Jens Vortmeyer und Daniel Wegener</i>	
16.1	<b>Elektronische Struktur des Fahrwerks</b>	794
16.2	<b>Mechatronische Längsdynamiksysteme</b>	794
16.2.1	Antriebssysteme	795
16.2.2	Bremssysteme	804
16.3	<b>Mechatronische Vertikaldynamiksysteme</b>	807
16.3.1	Anforderungen an die Vertikalsysteme	807
16.3.2	Einteilung der Vertikalsysteme	807
16.3.3	Dämpfungssysteme	809
16.3.4	Niveauregulierungssysteme	814
16.3.5	Adaptive Luftfederungssysteme	816
16.3.6	Aktuelle aktive Federungssysteme	818
16.3.7	Lagersysteme	826
16.4	<b>Mechatronische Querdynamiksysteme</b>	828
16.4.1	Vorderradlenkung	828
16.4.2	Hinterradlenkung	831
16.4.3	Wankstabilisierungssysteme	841
16.4.4	Aktive Kinematik	852
16.4.5	Gegenüberstellung der Fahrdynamiksysteme	857
16.4.6	Vernetzung der Fahrwerksysteme	858

16.5	<b>Drive-by-wire (DBW)</b>	859
16.5.1	Steer-by-wire (SBW)	861
16.5.2	Brake-by-wire	863
16.5.3	Leveling-by-wire	871
	<b>Literatur</b>	873
<b>17</b>	<b>Fahrwerkrelevante Fahrerassistenzsysteme</b>	877
	<i>Metin Ersoy, Volker Buchmann, Bernd Heißing und Christian Schimmel</i>	
17.1	<b>Mensch als Fahrzeugführer</b>	878
17.2	<b>Fahrerinformationssysteme</b>	879
17.3	<b>Fahrerwarnsysteme</b>	881
17.3.1	Fahrerwarnung bei der Längsführung	882
17.3.2	Fahrerwarnung bei der Querverführung	883
17.4	<b>Aktive Fahrerassistenzsysteme</b>	884
17.5	<b>Bremsenbasierte Systeme</b>	884
17.5.1	Sicherheitsrelevante Bremsassistentz	885
17.5.2	Komfortorientierte Bremsassistentz	887
17.5.3	Anforderungen an die Bremsassistentz	887
17.5.4	Notbremsung zum Kollisionsschutz	887
17.5.5	Distanzhalteassistentz (ACC)	890
17.5.6	Weitere bremsenbasierte Systeme	893
17.5.7	ACC Erweiterungen durch prädiktive Regelung auf Infrastruktur	894
17.5.8	Car2Car-Kommunikation zur Verkehrssicherheit	894
17.6	<b>Lenkungs-basierte Systeme</b>	894
17.6.1	Lenkassistentz durch Anpassung der Unterstützungskraft	895
17.6.2	Lenkassistentz durch Überlagerung des Fahrerhandmoments	895
17.6.3	Spurführung durch aktive Beeinflussung des Lenkmomentes	897
17.6.4	Lenkassistentz durch Überlagerung des Fahrerlenkwinkels	900
17.6.5	Lenkassistentz durch kombinierten Eingriff aus Lenkradwinkel und -moment	901
17.7	<b>Brems- und lenkungs-basierte Systeme</b>	901
17.7.1	Kolonnenfahrt, Autobahnassistentz	901
17.7.2	Baustellenassistentz	902
17.7.3	Notbremsassistentz mit Ausweichoption	902
17.7.4	Abbiegeassistentz	903
17.7.5	Kreuzungsassistentz	903
17.7.6	Einparkassistentz	905
17.8	<b>Fahrerassistenzsysteme für autonomes Fahren</b>	908
17.9	<b>Zusammenfassung</b>	909
	<b>Literatur</b>	909
<b>18</b>	<b>Zukunftsaspekte des Fahrwerks</b>	913
	<i>Metin Ersoy, Bernd Heißing, Stefan Gies, Christian Schimmel und Stephan Demmerer</i>	
18.1	<b>Fahrwerk-konzepte – Fokussierung auf den Kundenwert</b>	915
18.1.1	Auslegung des Fahrverhaltens	915
18.1.2	Fahrzeug Diversifizierung und Stabilisierung der Fahrwerk-konzepte	917
18.1.3	Fahrwerkbestandteile der Zukunft	918
18.1.4	Elektronische Fahrwerksysteme der Zukunft	920

18.2	<b>Umweltschutz und CO<sub>2</sub></b>	923
18.2.1	Bedeutung der CO <sub>2</sub> -Senkung	923
18.2.2	Beitrag des Fahrwerks zur CO <sub>2</sub> -Senkung	923
18.2.3	Beitrag des Hybrid- und Elektroantriebs zur CO <sub>2</sub> -Senkung	926
18.2.4	Bremsblending für Rekuperation	932
18.3	<b>Elektrofahrzeuge</b>	936
18.3.1	Antriebskonzepte für das E-Fahrzeug	937
18.3.2	Fahrwerkkonzepte für Elektro-Autos	939
18.3.3	Elektro-Stadtautos	944
18.3.4	Elektro-Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb (Hydrogen Fuel Cell Vehicle)	946
18.3.5	Low Budget Autos	947
18.3.6	E-Radnabenfahrwerk „eCorner“	947
18.4	<b>X-by-wire-Systeme der Zukunft</b>	948
18.5	<b>Fahrerassistenz-Systeme der Zukunft</b>	949
18.6	<b>Vorausschauende und intelligente Fahrwerke der Zukunft</b>	951
18.6.1	Fahrzeugsensorik	951
18.6.2	Aktuatorik	954
18.6.3	Vorausschauendes Fahren	955
18.7	<b>Autonomes Fahren in der Zukunft?</b>	958
18.7.1	Selbstfahrendes Chassis, Rolling- und Driving-Chassis	958
18.7.2	Urban Challenge 2007: Die ersten Schritte zum autonomen Fahren	960
18.7.3	Autofahren ohne Fahrer	964
18.8	<b>Zukunftsszenarien für das Auto und sein Fahrwerk</b>	969
18.8.1	Trends aus der Vergangenheit	969
18.8.2	Trends aus der Gegenwart	969
18.8.3	Trends der Zukunft	970
18.8.4	Szenarioanalyse	970
18.8.5	Mögliche Zukunftsvisionen	971
18.9	<b>Ausblick</b>	972
	<b>Literatur</b>	976
	<b>Serviceteil</b>	979
	<b>Glossar</b>	980
	<b>Sachverzeichnis</b>	1009

Fahrwerkhandbuch

Grundlagen - Fahrdynamik - Fahrverhalten -

Komponenten - Elektronische Systeme -

Fahrerassistenz - Autonomes Fahren - Perspektiven

Ersoy, M.; Gies, S. (Hrsg.)

2017, XXXVII, 1024 S. 1397 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-658-15467-7