

Prof. Dipl.-Ing. Jörnßen Reimpell

# **Fahrwerktechnik: Grundlagen**

Fahrwerk und Gesamtfahrzeug  
Antriebsarten und Radaufhängungen  
Achskinematik und Elastokinematik  
Lenkanlage · Federung · Reifen  
Konstruktions- und Kostenhinweise

Herausgeber: Prof. Dipl.-Ing. Jörnßen Reimpell

2., überarbeitete Auflage



VOGEL Buchverlag Würzburg

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	5
Formelzeichen und Einheiten .....	11
<b>1 Antriebsarten und Radaufhängungen</b> .....	17
1.1 Vorder- und Hinterachsen, allgemein .....	17
1.2 Einzelradaufhängungen, allgemein .....	20
1.2.1 Anforderungen .....	20
1.2.2 Doppelquerlenker-Radaufhängungen .....	21
1.2.3 Radführende Feder- und Dämpferbeine .....	22
1.2.4 Längslenkerachsen .....	27
1.2.5 Schräglenkerachsen .....	29
1.3 Starrachsen, allgemein .....	30
1.4 Standardbauweise, Motor vorn und Antrieb hinten .....	35
1.4.1 Vor- und Nachteile der Standardbauweise .....	36
1.4.2 Nichtangetriebene Vorderachsen .....	39
1.4.3 Angetriebene Hinterachsen .....	44
1.5 Heck- und Mittelmotorantrieb .....	46
1.6 Vorderradantrieb .....	50
1.6.1 Bauarten .....	50
1.6.2 Vor- und Nachteile des Vorderradantriebs .....	53
1.6.3 Angetriebene Vorderachsen .....	56
1.6.4 Nichtangetriebene Hinterachsen .....	59
1.7 Allradantrieb .....	66
1.7.1 Manuell zuschaltbarer Allradantrieb bei Pkw und Kombiwagen .....	66
1.7.2 Manuell zuschaltbarer Allradantrieb bei Nkw und Mehrzweck-Pkw .....	69
1.7.3 Permanenter Allradantrieb bei Pkw und Kombiwagen .....	69
1.7.4 Vor- und Nachteile des Allradantriebs .....	76
<b>2 Reifen und Räder</b> .....	77
2.1 Forderungen an die Bereifung .....	77
2.1.1 Austauschbarkeit .....	77
2.1.2 Forderungen bei Pkw .....	77
2.1.3 Forderungen bei Nkw .....	78
2.2 Reifenausführungen .....	79
2.2.1 Reifen in Diagonalbauart .....	79
2.2.2 Reifen in Radial-Gürtelbauart .....	81
2.2.3 Schlauchlos oder mit Schlauch .....	82
2.2.4 Höhen-Breiten-Verhältnis .....	83
2.2.5 Kennzeichnung .....	86
2.2.6 Luftdruck .....	93
2.2.7 Reifenprofile .....	94
2.3 Räder .....	94

2.3.1	Begriffe .....	94
2.3.2	Felgen für Pkw, Leicht-Nkw und deren Anhängfahrzeuge .....	95
2.3.3	Räder für Pkw, Leicht-Nkw und deren Anhängfahrzeuge .....	97
2.3.4	Radbefestigungen .....	99
2.4	Federungsverhalten .....	100
2.5	Ungleichförmigkeit .....	102
2.6	Rollwiderstand .....	104
2.6.1	Rollwiderstand bei Geradeausfahrt .....	104
2.6.2	Rollwiderstand bei Kurvenfahrt .....	105
2.6.3	Sonstige Einflußgrößen .....	106
2.7	Haft- und Gleitreibung in Längsrichtung .....	107
2.7.1	Schlupf .....	107
2.7.2	Reibungszahlen .....	107
2.7.3	Fahrbahneinflüsse .....	109
2.8	Seitliche Haftreibung .....	111
2.8.1	Seitenkräfte, Schräglaufwinkel und Reibungszahl .....	111
2.8.2	Kurvenverhalten und Schwimmwinkel .....	113
2.8.3	Reibungszahlen und Schlupf .....	115
2.8.4	Seitenführungseigenschaften auf trockener Fahrbahn .....	115
2.8.5	Einflußgrößen .....	119
2.9	Resultierende Haftreibung .....	120
2.10	Reifenrückstellmoment und Reifennachlauf .....	123
2.10.1	Rückstellmoment, allgemein .....	123
2.10.2	Reifennachlauf .....	124
2.10.3	Einflußgrößen an den Vorderrädern .....	125
2.10.4	Rückstellmoment an den Hinterrädern .....	127
<b>3</b>	<b>Achskinematik und Elastokinematik .....</b>	<b>129</b>
3.1	Zweck der Achseinstellwerte .....	129
3.2	Radstand .....	130
3.3	Spurweite .....	131
3.4	Wankzentren und Wankachse .....	140
3.4.1	Begriffsbestimmung .....	140
3.4.2	Wankachse .....	142
3.4.3	Wankzentrum bei Einzelradaufhängungen .....	143
3.4.4	Wankzentrum bei Verbundlenkerachsen .....	148
3.4.5	Wankzentrum bei Starrachsen .....	149
3.5	Sturz .....	152
3.5.1	Sturzwerte und Sturzangaben .....	152
3.5.2	Kinematische Sturzänderung .....	154
3.5.3	Zeichnerische Ermittlung der Sturzänderung .....	155
3.5.4	Wanksturz bei Kurvenfahrt .....	157
3.5.5	Elastizitätssturz .....	160
3.6	Vorspur und Eigenlenken .....	162
3.6.1	Begriffsbestimmung und Einstellwerte .....	162
3.6.2	Kinematische Vorspuränderung .....	165
3.6.3	Vorspuränderung durch Wanklenken .....	167
3.6.4	Vorspuränderung durch Seitenkräfte .....	173
3.6.5	Vorspuränderung durch Längskräfte .....	175
3.7	Lenkwinkel und Lenkübersetzung .....	181
3.7.1	Lenkwinkel .....	181
3.7.2	Spur- und Wendekreis .....	182
3.7.3	Kinematische Lenkübersetzung .....	185
3.7.4	Dynamische Lenkübersetzung .....	188

3.8	Lenkungsrückstellung, allgemein .....	190
3.9	Spreizung und Lenkrollhalbmesser .....	192
3.9.1	Zusammenhang Spreizung und Lenkrollhalbmesser .....	192
3.9.2	Bremskraftbelastung .....	197
3.9.3	Längskraftbelastung .....	199
3.9.4	Änderung des Lenkrollhalbmessers .....	201
3.10	Nachlauf .....	201
3.10.1	Rad- und Reifennachlauf .....	201
3.10.2	Nachlauf und Geradeausfahrt .....	204
3.10.3	Rückstellmomente bei Kurvenfahrt .....	205
3.10.4	Spreizungs-, Sturz- und Nachlaufänderung beim Lenkeinschlag .....	209
3.10.5	Nachlaufänderung in Abhängigkeit der Radwege vorn .....	214
3.10.6	Wegabhängige Drehung des Hinterachsradträgers .....	217
3.10.7	Zerlegung der Hochkraft bei Nachlauf .....	220
3.10.8	Einstellwerte und Toleranzen .....	223
3.10.9	Messung von Nachlauf und Spreizung .....	224
3.11	Brems- und Anfahrnickabstützung .....	227
3.11.1	Begriffsbestimmung .....	227
3.11.2	Nickpole vorn .....	227
3.11.3	Nickpole hinten .....	230
<b>4</b>	<b>Lenkung</b> .....	<b>233</b>
4.1	Anforderungen .....	233
4.2	Zahnstangenlenkung .....	237
4.2.1	Vor- und Nachteile .....	237
4.2.2	Ausführungsformen .....	237
4.2.3	Seitenabgriff der Spurstangen .....	238
4.2.4	Mittenabgriff der Spurstangen .....	242
4.3	Lenkgetriebe mit Drehbewegung .....	242
4.3.1	Vor- und Nachteile .....	242
4.3.2	Kugelumlauf lenkung .....	244
4.3.3	Schneckenrollenlenkung .....	245
4.4	Lenksäule .....	247
4.5	Lenkungsämpfer .....	250
4.6	Lenkkinematik .....	251
<b>5</b>	<b>Federung</b> .....	<b>257</b>
5.1	Anforderungen an die Federung .....	257
5.2	Massen, Schwingungszahlen und Federraten .....	258
5.3	Gewichte und Achslasten .....	263
5.3.1	Leergewicht .....	263
5.3.2	Gesamtgewicht nach Angabe des Herstellers .....	264
5.3.3	Zulässige Nutzlast .....	264
5.3.4	Konstruktionsgewicht .....	265
5.3.5	Zulässige Achslasten .....	266
5.3.6	Lastverteilung .....	266
5.4	Federungskennlinien .....	269
5.4.1	Vorderachse .....	269
5.4.2	Hinterachse .....	273
5.4.3	Federung und Kurvenverhalten .....	277
5.4.4	Schrägfederung .....	281
5.5	Federnarten .....	282
5.5.1	Einteilung .....	282
5.5.2	Stahlfedern .....	283

5.5.3	Anschläge und Zusatzfedern .....	284
5.5.4	Stabilisatoren .....	285
5.6	Stoßdämpfer .....	287
5.6.1	Einbauarten .....	287
5.6.2	Zweirohrdämpfer, drucklos .....	288
5.6.3	Zweirohrdämpfer, druckbelastet .....	294
5.6.4	Einrohrdämpfer, druckbelastet .....	296
5.6.5	Einrohrdämpfer, drucklos .....	302
5.6.6	Dämpfungsdiagramme und -kennlinien .....	304
5.6.7	Dämpferaufhängungen .....	307
5.6.8	Anschläge und Zusatzfedern im Stoßdämpfer .....	309
5.7	Federdämpfer .....	314
5.8	Feder- und Dämpferbeine .....	314
5.8.1	Federbeinausführungen .....	314
5.8.2	Zweirohrfederbein, drucklos .....	315
5.8.3	Zweirohrfederbein, druckbelastet .....	318
5.8.4	Dämpferbein .....	319
5.9	Variable Dämpfung .....	319
<b>6</b>	<b>Fahrwerk und Gesamtfahrzeug .....</b>	<b>321</b>
6.1	Fahrzeug- und Aufbauswerpunkt .....	321
6.1.1	Schwerpunkt und Fahrverhalten .....	321
6.1.2	Ermittlung des Fahrzeugschwerpunkts .....	322
6.1.3	Achsgewichte und Aufbauswerpunkt .....	327
6.2	Massenträgheitsmomente .....	329
6.3	Bremsverhalten .....	332
6.3.1	Bremsvorgang .....	332
6.3.2	Bremsstabilität .....	334
6.3.3	Berechnung des Nickwinkels .....	337
6.3.4	Einfluß von Nickpolen .....	340
6.3.5	Bremsnickausgleich und Bremsabstützwinkel .....	343
6.4	Antriebsverhalten .....	344
6.4.1	Anfahrvorgang .....	344
6.4.2	Steigfähigkeit .....	347
6.4.3	Rutschgrenzen .....	349
	<b>Im Text genannte Automobilfirmen .....</b>	<b>353</b>
	<b>Im Text genannte Zulieferanten der Autoindustrie .....</b>	<b>357</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>359</b>