

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenstellung häufig vorkommender Formelzeichen	XXI
	Einführung	1
1	Übersicht über die dynamischen Probleme	1
2	Aufteilung in Einzelprobleme	3
3	Gliederung des Buches	4
I	Reifen	5
I.1	Reifeneigenschaften in Umfangsrichtung	6
4	Radwiderstand	7
4.1	Rollwiderstand	7
4.2	Schwallwiderstand	12
4.3	Lagerreibung, Restbremsmoment	13
4.4	Weitere Radwiderstände	14
4.5	Gesamter Radwiderstand	15
5	Kraftschluß in Umfangsrichtung, Schlupf	15
5.1	Größe von Haftbeiwerten μ_h	20
5.2	Zum Verständnis der μ -S-Kurve	23
I.2	Reifeneigenschaften in vertikaler Richtung	25
6	Druckverteilung im Latsch	25
7	Reifenfederung und -dämpfung	26
7.1	Reifenfederkonstante, -subtangente	27
7.2	Reifendämpfung	29
I.3	Reifeneigenschaften in Seitenrichtung	30
8	Seitenkraft, Rückstellmoment, Schräglaufwinkel	30
8.1	Zum Verständnis der Schräglaufcharakteristiken	34
8.2	Seitenkraftbeiwert (cornering stiffness)	36
9	Einfluß des Sturzes	38
10	Schwenkmoment im Stand	40
11	Einfluß der Umfangskraft auf die Reifenkennlinien	42
12	Reifenmodelle	44
13	Einlaufverhalten des Reifens	48

II	Aerodynamik des Kraftfahrzeuges	50
14	Luftkräfte und -momente	50
14.1	Anströmgeschwindigkeit und -winkel, Luftdichte	51
14.2	Querspanntfläche	54
15	Luftwiderstand, Luftwiderstandsbeiwerte c_x bzw. c_w	54
16	Auftrieb, Spoiler	59
17	Seitliche Luftbelastungen, Druckmittelpunkt	61
Teil A:	Antrieb und Bremsung	65
III	Fahrwiderstände, Leistungsbedarf	67
18	Grundgleichung für den Antrieb, Zugkraft	67
19	Radwiderstand des Fahrzeuges	70
20	Steigungswiderstand	70
21	Beschleunigungswiderstand	71
22	Gesamtwiderstand, Moment an den Antriebsrädern	74
23	Leistung an den Antriebsrädern	76
23.1	Radleistung bei Vernachlässigung des Schlupfes	76
23.2	Radleistung bei Berücksichtigung des Schlupfes	78
23.3	Gebräuchliche Umrechnungen	78
IV	Leistungsangebot, Kennfelder von Kraftfahrzeugantrieben	80
24	Grundsätzliches zum Kennfeld, ideales Lieferkennfeld	80
25	Kennungen von Antriebsmaschinen (Fahrzeugmotoren)	84
25.1	Dampfmaschine	84
25.2	Elektrische Antriebe	85
25.3	Verbrennungsmotor	86
25.4	Gasturbine	90
26	Kennungswandler, Zusammenarbeit mit Verbrennungsmotoren	91
26.1	Forderungen an das Übersetzungsverhältnis	92
26.2	Drehzahlwandler, allgemein	95
26.3	Mechanische (Reibungs-) Kupplung	97
26.4	Hydrodynamischer Drehzahlwandler (Föttinger-Kupplung)	97
26.5	Drehmomenten-Drehzahl-Wandler, allgemein	98
26.6	Zusammenarbeit Verbrennungsmotor und Stufengetriebe	99
26.7	Stufenloses Getriebe	101
26.8	Zusammenarbeit Verbrennungsmotor und Trilok-Wandler	102
27	Brauchbarkeit der Antriebsmaschinen für den Kraftfahrzeugbetrieb	104
27.1	Vergleich der Vollastkennlinien	105
27.2	Massenvergleich, verschiedene Energiespeichersysteme, Reichweite	106
27.3	Bemerkungen zu Schadstoffemissionen, Brennstoffzelle	109

V	Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch	111
28	Fahrzustandsschaubilder	111
29	Höchstgeschwindigkeit in der Ebene, kleinste Übersetzung	114
30	Steigfähigkeit bei konstanter Fahrgeschwindigkeit	118
30.1	Steigfähigkeit im höchsten Gang, Motor- und Fahrzeugelastizität	119
30.2	Größte Steigfähigkeit, größte Übersetzung, Spreizung	121
31	Gefällefahrt	123
32	Beschleunigungsfähigkeit in der Ebene	124
32.1	Geschwindigkeiten, Wege, Zeiten	125
32.2	Einflüsse auf die Beschleunigungsfähigkeit	128
32.3	Übersetzung der Zwischengänge	132
32.4	Zugkraftunterbrechung	135
33	Kraftstoffverbrauch	136
33.1	Wesentliche Einflüsse auf den Kraftstoffverbrauch	137
33.2	Kraftstoffverbrauch bei veränderlichem Motorwirkungsgrad	140
33.3	Verbrauchsgünstige Übersetzung des Kennungswandlers	148
33.4	Übersetzung für den Spargang	148
33.5	Verbesserung des Motorkennfeldes	149
VI	Fahrgrenzen	152
34	Bewegungsgleichungen eines zweiachsigen Fahrzeuges	152
35	Kraftschluß an Vorder- und Hinterachse	154
36	Kraftschluß bei Vorder- bzw. Hinterachsenantrieb	157
36.1	Unbeschleunigte Fahrt in der Ebene	160
36.2	Steigungsfahrt (unbeschleunigt)	160
36.3	Beschleunigte Fahrt (in der Ebene)	163
37	Traktionshilfen für den Fahrer, Schlupfregelung, Differentialsperre	164
38	Allradantrieb	166
38.1	Ideale Momentenaufteilung	166
38.2	Reale Momentenaufteilung	169
39	Steigungsfahrt von Kraftfahrzeugzügen und Dreiachsern	173
39.1	Kraftfahrzeugzüge	173
39.2	Dreiachsfahrzeuge	176
VII	Bremmung	179
40	Umwandlung der Bewegungsenergie in Wärme	180
41	Bremsvorgang, Bremswege	182
41.1	Bremsvorgang, Reaktionsdauer	183
41.2	Anhalteweg, Bremsweg	184
41.3	Notbremsung, normale Abbremsung	186
41.4	Abstände bei Kolonnenfahrt	187
42	Abbremsung, maximale Verzögerungen, Gütegrad	190
42.1	Definition von Abbremsung, Bremskräfte	190

42.2	Bereich der erzielbaren Abbremsung	190
42.3	Haftwertausnutzung, Gütegrad, Bremswegverlängerung . . .	192
43	Kraftschluß und Abbremsung an einem zweiachsigen Fahrzeug	193
44	Stabilität, Lenkfähigkeit, Dosierbarkeit am Bremspedal	197
45	Bremskraftverteilung	200
45.1	Ideale Bremskraftverteilung	200
45.2	Darstellung $B_H = f(B_V)$	201
46	Anforderungen an Bremsanlagen, gesetzliche Vorschriften . .	202
47	Blockierverhinderer	205
47.1	Elektronische Bremskraftverteilung (EBV)	210
48	Blockierendes Rad	211
48.1	Lösung im Bereich $0 \leq S \leq S_c$	214
48.2	Lösung im Bereich $S_c \leq S \leq 1$	215
48.3	Für den Blockiervorgang wichtige Größen	216
49	Feste, abgeknickte und beladungsabhängige Bremskraftverteilung	217
49.1	Feste Bremskraftverteilung	217
49.2	Abgeknickte Bremskraftverteilung	218
49.3	Beladungsabhängige Bremskraftverteilung	220
49.4	Einfluß veränderlicher Fahrgeschwindigkeit	223
50	Fußkraft, Bremsassistent	226
50.1	Pedalkraft in Abhängigkeit von Verzögerung und Pedalweg . .	226
50.2	Bremsassistent	228
51	Ausfall von Bremsanlagen	230
51.1	Ausfall eines Kreises	231
51.2	Bremskraftverstärker-Ausfall	235
52	Abbremsung von Kraftfahrzeugzügen	236
52.1	Lkw und Mehrachsanhänger	236
52.2	Pkw und Einachsanhänger	237
52.3	Sattelkraftfahrzeug	240
53	Elektrische Bremse, Retarder	241
53.1	Bremsen im Triebstrang	242
53.2	Bremsen am Rad	242
VIII	Zusammenfassung von Teil A	245
Teil B:	Schwingungen	249
54	Schwingungersatzsysteme	252
54.1	Vereinfachte Schwingungersatzsysteme	254
IX	Einführung, Schwingungsanregung, regellose Schwingungen	257
55	Einmassensystem	257

55.1	Eigenschwingungen	258
55.2	Erregerschwingungen	261
56	Fahrzeugtechnische Anwendungen	264
56.1	Vergleich hydraulische Dämpfung und Gummidämpfung	264
56.2	Verschiedene Anregungen	267
56.2.1	Erregerschwingungen durch Unebenheiten	267
56.2.2	Erregerschwingungen durch Motoranregung	270
56.2.3	Erregerschwingungen durch Rad-Reifenanregungen	271
56.3	„Ungefederte“ Kraftfahrzeuge	275
56.4	Schwingungseigenschaften von Sitzen	277
57	Sinusförmige Anregung	280
57.1	Harmonische Anregungen	280
57.2	Periodische Anregungen	284
58	Stochastische Unebenheiten, statistische Kennzahlen, Spektrale Dichten	289
58.1	Stochastische Unebenheiten	289
58.2	Statistische Kennzahlen	291
58.3	Spektrale Dichten	293
59	Spektrale Dichte der Fahrbahnebenheiten	295
59.1	Meßergebnisse von $\Phi_h(\Omega)$	296
59.2	Anschauliche Deutungen für $\Phi_h(\Omega)$	297
59.3	Einzelhindernisse	300
X	Beurteilungsmaßstäbe und ihre Berechnung	302
60	Radlastschwankung, Fahrsicherheit, Straßenbeanspruchung	303
60.1	Fahrsicherheit	304
60.2	Straßenbeanspruchung	307
60.3	Radlaststoßfaktor	308
61	Federwege	308
61.1	Sitzfederweg	309
61.2	Radfederweg	310
62	Beurteilung der Schwingungseinwirkung auf Fahrzeuginsassen	311
62.1	Ganzkörperschwingungen	312
62.2	Beurteilung der Schwingungen bei mehreren Einleitungsstellen	314
62.2.1	Sinusförmige/Periodische Anregung	316
62.2.2	Stochastische Anregung	317
62.2.3	Mehrfache Anregungen	318
62.3	Beurteilung beim Überfahren von Einzelhindernissen	320
XI	Kraftfahrzeug, Unebenheits-Einpunktanregung	321
63	Bewegungsgleichungen, bezogene Größen	322
64	Stochastische Schwingungen, Vergrößerungsfunktionen, Beurteilungsmaßstäbe	323

64.1	Radlastschwankung, Fahrsicherheit	324
64.2	Aufbaubeschleunigung, Bewertete Schwingstärke für Hände und Füße	329
64.3	Sitzbeschleunigung, Bewertete Schwingstärke auf dem Sitz	329
64.4	Dynamische Federwege	330
65	Einfluß von Unebenheit und Fahrgeschwindigkeit	330
65.1	Betrachtung der maximalen Fahrgeschwindigkeit bezüglich Fahrsicherheit	332
66	Überfahren von Einzelhindernissen	333
67	Einfluß der Aufbaueigenfrequenz	335
68	Einfluß des Aufbaudämpfungsmaßes	339
68.1	Optimierung von Federung und Dämpfung, Konflikt-Schaubild	341
68.2	Zusammenfassung	344
69	Einfluß der Sitzeigenfrequenz und des Sitzdämpfungsmaßes	345
70	Einfluß der Radmasse	348
71	Einfluß der Reifenfederung	350
72	Beladungsabhängigkeiten	353
72.1	Einfluß der Beladung	353
72.2	Anpassung der Fahrzeugdaten an die Beladung	355
73	Hinweise zur schwingungstechnischen Auslegung	359
73.1	Hinweise für die Aufbaufederung	359
73.2	Hinweise für die Dämpfung, weitere Grenzen für Komfort und Fahrsicherheit	362
73.3	Hinweise für Radmasse, Reifen, Sitz und Beladung	364
74	Anmerkungen zu nichtlinearen Kennungen	365
74.1	Linearisierung nichtlinearer Feder- und Dämpferkennungen	366
74.2	Nichtlineare Federkennungen	368
74.3	Nichtlineare Dämpferkennung	370
74.4	Geknickt-lineare Dämpferkennung	371
74.5	Reibungsdämpfung	372
74.6	Radabheben	377
75	Geregelte Fahrwerke	378
75.1	Anforderungen an ideal geregelte Fahrwerke bei Unebenheitsanregung	382
75.2	Konflikt Fahrsicherheit – Fahrkomfort, Gewinn mit aktiven Fahrwerken	384
75.3	Extremwerte, bester Komfort, keine Radlastschwankung	387
75.4	Sky-Hook-Dämpfer	389
XII	Zweiachsiges Kraftfahrzeug, Unebenheits- Einspuranregung	391
76	Bewegungsgleichungen, komplexe Größen	392
77	Vergrößerungsfunktionen und Spektrale Dichten für Systeme ohne Koppelmasse	395

77.1	Radlastschwankung, Radfederweg	397
77.2	Aufbauhub- und -nickbeschleunigungen	397
77.3	Hubbeschleunigung am Sitz	400
77.4	Bewertete Schwingstärken	401
77.5	Sitzfederweg	403
78	Einfluß von Fahrgeschwindigkeit und Fahrzeuggröße	404
78.1	Einfluß der Fahrgeschwindigkeit	404
78.2	Einfluß der Fahrzeuggröße (Radstand)	406
78.3	Einfluß von Fahrzeuggröße und Fahrgeschwindigkeit	407
79	Lage der Sitze	408
80	Abstimmung zwischen vorderem und hinterem System	410
80.1	Unterschiedliche Aufbaueigenfrequenzen	410
80.2	Verschiedene Aufbaudämpfungen	414
80.3	Mittelwerte über einem Geschwindigkeitsbereich	415
81	Einfluß der Beladung	416
82	Einfluß von Koppelmasse und Radstand	418
82.1	Pkw mit unterschiedlichen Koppelmassen und gleichem Radstand	418
82.2	Busse mit unterschiedlichen Radständen und gleichem Nickträgheitsmoment	420
83	Hub- und Nickeigenfrequenz, Federkopplung vorn-hinten	422
84	Bremsnicken, Nickpol	424
85	Einfluß des elastisch gelagerten Antriebsaggregates (Stuckern)	428
85.1	Einfluß der Aggregateigenfrequenz	433
85.2	Einfluß der Aufhängungsdämpfung	434
85.3	Einfluß der Kopplung am Aggregat	435
85.4	Einfluß der Aggregatmasse	435
85.5	Einfluß der Radeigenfrequenz	437
86	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kap. XII	437
XIII	Vierrädriges Kraftfahrzeug, Unebenheits- Zweispuranregung	438
87	Bewegungsgleichungen des (vereinfachten) Vierradfahrzeuges	439
88	Auto-, Kreuzdichten und Kohärenz der Unebenheiten	445
88.1	Vereinfachung nach Parkhilowskij	447
88.2	Autospektren der Hub- und Wankanregung, Kohärenz	447
88.3	Wegabhängige Spektren	449
88.4	Meßergebnisse, Näherungsformel für Kohärenz	449
89	Streuung bei Zweispuranregung	451
90	Einfluß der zusätzlichen Wankschwingungen	453
90.1	Vergrößerungsfunktion der Aufbauwankbeschleunigung	453
90.2	Bewertete Schwingstärken mit Berücksichtigung der Wankschwingungen	457
90.3	Radlastschwankungen und Radfederwege	459
90.4	Geschwindigkeitseinfluß	459

90.5	Verallgemeinerung	461
91	Wirkung von Stabilisatoren	462
92	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kap. XIII	464
XIV	Auswirkung von Radaufhängungen bei	
	Unebenheitsanregung	466
93	Beschleunigungskopplung, Feder-Dämpferanordnung	467
93.1	Gleichungen für ein Fahrzeug mit Längslenker	467
93.2	Einfluß der Radaufhängung	470
93.3	Einfluß der Kopplung	471
94	Modellierung und Beurteilung im höheren Frequenzbereich (Hinweise)	473
95	Spurverschiebung (Spuränderung)	476
95.1	Seitenkraft am Reifen durch Spurverschiebung	476
95.2	Gleichungen für ein Fahrzeug mit Pendelachse	477
95.3	Einfluß der Spurverschiebung	479
96	Wank- und Seitenschwingungen an einem Fahrzeug mit Starrachsen	480
96.1	Bewegungsgleichungen	481
96.2	Wankschwingungen, Radlastschwankungen	483
96.3	Seitenschwingungen, Seitenkräfte	488
97	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kap. XIV	489
XV	Fahrzeug-Längsschwingungen	490
98	Längsschwingungen durch Unebenheitsanregung	490
98.1	Umfangskraft beim Überfahren von Unebenheiten	490
98.2	Fahrzeug-Längsschwingungen mit steifer Lenkerlagerung	493
98.3	Anmerkungen	496
99	Längsschwingungen durch Motoranregung (Fahrzeugruckeln)	496
99.1	Bewegungsgleichungen	496
99.2	Zeitverlauf, Vergleich Theorie-Versuch	497
99.3	Einfluß der Übersetzung und der Momente	498
99.4	Einfluß der Kraftschluß-Schlupf-Beziehung	500
XVI	Motorerregte Fahrzeugschwingungen	502
100	Anregungen durch einen Einzylinder-Motor	503
100.1	Kinematik des Kurbeltriebs	503
100.2	Massenkraft	504
100.3	Massenmoment	505
100.4	Gasmoment	506
100.5	Gesamte Anregung beim Einzylinder-Motor	509
101	Anregungen durch einen 4-Takt-4-Zylinder-Reihenmotor	510
101.1	Massenkraft	510
101.2	Massen- und Gasmomente	511
101.3	Betriebsverhalten	515

101.4	Auswirkung ungleicher Verbrennung	519
102	Weitere Mehrzylinder-Motoren	520
103	Schwingungsanregungen für den Fahrzeugaufbau	520
103.1	Schwingungsersatzsystem	523
103.2	Vorteil einer elastischen Aggregataufhängung	525
103.3	Karosserie-Anregungen durch 2. und höhere Ordnungen	526
103.3.1	Asymptoten	528
103.3.2	Anwendungsbeispiele	530
103.4	Anregung durch niedrige Motorordnungen	531
103.4.1	Gasmomentenanregung mit niedriger Ordnung, Leerlaufschütteln	533
103.4.2	Einfluß der Kopplung am Antriebsaggregat	533
104	Auslegung der Aggregataufhängung bei Motoranregungen	535
104.1	Auslegung für Massenanregungen	535
104.2	Auslegung bei Gasmomentenanregung	536
104.3	Gemeinsame Betrachtung von unebenheits- und motorerregten Schwingungen	537
XVII	Zusammenfassung von Teil B	539
Teil C:	Fahrverhalten	543
XVIII	Lineares Einspurmodell, objektive Kenngrößen, Subjektivurteile	547
105	Bewegungsgleichungen eines zweiachsigen Kraftfahrzeugs	547
105.1	Krümmungsmittelpunkt und Momentanpol	549
106	Lenkungseigenschaften	550
107	Differentialgleichungen des linearen Einspurmodells	552
107.1	Spezialfall: Fahrt mit konstanter Fahrgeschwindigkeit	554
107.2	Berücksichtigung der Reifennachläufe	555
XVIII.1	Kreisfahrt bei konstanter Fahrgeschwindigkeit	556
108	Zentripetalbeschleunigung	556
108.1	Maximalwerte (einfache Betrachtung)	556
108.2	Werte aus der Linienführung von Straßen	559
108.3	Erreichte Zentripetalbeschleunigungen von Durchschnitts- Fahrern	559
108.4	Grenze für die Betrachtung des linearen Einspurmodells	560
109	Abhängigkeiten von der Zentripetalbeschleunigung, Kreisfahrtwerte	560
109.1	Lenkradeinschlag	561
109.2	Vorderradeinschlag, Schräglaufwinkel	566
109.3	Schwimmwinkel	567
109.4	Stellung des Kraftfahrzeugs im Kreis	568

109.5	Moment am Lenkrad	568
109.6	Kreisfahrtwerte	568
110	Objektive Fahrzeug-Kenngrößen und subjektive Aussagen	569
110.1	Unter-/Übersteuern	570
110.2	Schwimmwinkelgradient, Lenkwinkel-Schwimmwinkel-Gradient	573
110.3	Moment am Lenkrad	576
111	Einfluß von Fahrzeugdaten auf das Kreisfahrtverhalten . .	577
111.1	Grundmodell für die Rechnungen	577
111.2	Einfluß des Seitenkraftbeiwerts, Bedeutung des Schwimmwinkels	581
111.3	Einfluß von Lenkungsdaten	581
111.4	Einfluß der Schwerpunktslage	582
111.5	Einfluß der Beladung	583
XVIII.2	Dynamisches Verhalten	584
112	Stabilität, Eigenfrequenz, Dämpfung	584
112.1	Stabilität und Unter-/Übersteuern	585
112.2	Eigenfrequenzen, Dämpfungsmaß	586
112.3	Berücksichtigung der seitlichen Eigenanströmung	590
113	Lenkverhalten, Zeitfunktionen, Lenkwinkelrampe	591
113.1	Laplace-Transformation, Übertragungsfunktion, Verstärkungsfaktor	592
113.2	Sprungantwort	593
113.3	Lenkwinkelrampe	597
113.4	Fahrzeugkennwerte	598
113.4.1	Beurteilung der Fahrzeugkennwerte	600
113.4.2	Fahrzeugdaten – Verstärkungsfaktor – Peak-Response-Time	601
113.5	Einfluß von Lenkwinkelrampe und Fahrgeschwindigkeit .	603
114	Lenkverhalten, Frequenzgänge	605
114.1	Erläuterungen zu den Frequenzgängen	607
114.2	Beurteilung der Frequenzgänge	609
114.3	Einfluß von Fahrzeugdaten	610
115	Fahrt auf vorgegebener Bahnkurve, „idealer Fahrer“, Klotoide	613
115.1	Stabilität bei vorgegebener Bahnkurve	614
115.2	Klotoide	616
115.3	Lenkradeinschlag	617
116	Fahrverhalten bei losgelassenem Lenkrad (free control) . .	618
116.1	Bewegungsgleichungen	618
116.2	Einfluß von Fahrzeugdaten	620
117	Seitenwindverhalten	621
117.1	Konstanter Seitenwind, stationärer Fall	623
117.2	Dynamisches Verhalten	626

117.2.1	Waldausfahrt, Seitenwindanlage, Einfluß von Fahrertyp und Fahrzeugdaten	627
117.2.2	Frequenzgänge	634
117.2.3	Stochastischer Seitenwind	638
118	Zusammenfassung von Kapitel XVIII	640
XIX	Regelkreis Fahrer-Kraftfahrzeug	642
119	Einführung in den fahrzeugtechnischen Regelkreis	643
119.1	Stabilität, Durchtrittsfrequenz, Phasenrand	644
XIX.1	Querregelung	647
120	Normalfahrt	647
120.1	Antizipatorische Steuerung	649
120.2	Sollspurbildung	653
120.3	Kompensatorische Regelung	654
120.3.1	Fahrer-Übertragungsfunktion	656
121	Kritische Fahrsituationen	660
121.1	Sollspurbildung beim Umfahren eines Hindernisses	660
121.2	Regelung	660
121.3	Einfluß von Fahrzeugdaten	661
121.4	Vergleich „Normalfahrt“ und „kritische Fahrsituation“	662
122	Störverhalten, Adaption des Fahrers	663
122.1	Geradausfahrt bei Seitenwind	663
122.2	Anpassung des Fahrers an das Fahrzeug	666
122.3	Anpassung des Fahrzeuges an den Fahrer	667
122.4	Fahrer als adaptiver Regler, Adaption während der Fahrt	668
XIX.2	Längsregelung	669
123	Normalfahrt, Folgefahrt	670
123.1	Fahrzeug-Übertragungsfunktion	671
123.2	Vorsteuerung	671
123.3	Wunschabstand, Sollwertbildung	672
123.4	Kompensatorische Regelung	672
124	Kritische Fahrsituation	673
124.1	Fahrzeug-Übertragungsfunktion	674
124.2	Sollwertbildung	674
124.3	Fahrer-Übertragungsfunktion	674
XIX.3	Zusammenfassung von Kap. XIX	675
XX	Kurvengrenzbeschleunigung, Einfluß von Umfangskraft	676
125	Bewegungsgleichungen	676
XX.1	Kreisfahrt mit konstanter Fahrgeschwindigkeit	678
126	Kurvenwiderstand	678

127	Fahrverhalten auf trockener Straße, Vorder-, Hinter-, Allradantrieb	680
127.1	Fahrgrenze durch Kraftschluß	681
127.2	Lenkradeinschlag, Unter-/Übersteuern	683
127.3	Lenkradmoment	688
127.4	Schwimmwinkel	689
127.5	Einfluß von Schwerpunktslage und Antriebsart	690
128	Fahrverhalten auf vereister Fahrbahn	691
129	Fahrt auf nasser Straße	693
130	Fahrgrenze durch Antriebsleistung	694
XX.2	Quasilineare Betrachtung	695
131	Näherung für die Reifenkennlinien	696
132	Unter-/Übersteuern	697
133	Stabilität	698
134	Stabilitätsgrenzen für Fahrzeuge mit verschiedenen Antrieben	699
XX.3	Instationäre Fahrt, Lenkwinkelrampe	699
135	Konstante Fahrgeschwindigkeit auf trockener Straße	701
136	Konstante Umfangskraft auf trockener Straße	705
137	Fahrt auf vereister Fahrbahn	707
138	Zusammenfassung von Kapitel XX	707
XXI	Zweispurmodell, Vierradfahrzeug	710
XXI.1	Kreisfahrt mit konstanter Fahrgeschwindigkeit	710
139	Einfluß von Radlaständerung, Schwerpunktshöhe und Spurweite	711
139.1	Seitenkräfte und Radlasten an einer Achse	713
139.2	Anwendung auf das Fahrzeug	715
139.2.1	Maximale Zentripetalbeschleunigung	715
139.2.2	Unter-/Übersteuern	716
139.2.3	Schwimmwinkel, Lenkradeinschlag, Lenkradmoment	716
139.2.4	Unterschiedliche Radlaständerungen an Vorder- und Hinterachse	716
139.3	Kippgrenze	718
140	Zusätzlicher Einfluß des Auftriebes	719
141	Momentanzentrum, Momentanachse	722
142	Berechnung der vertikalen Radlasten und des Wankwinkels (am Beispiel der Starrachse)	723
143	Unterschiedliche Wankfederhärten an Vorder- und Hinterachse, Stabilisator	726
144	Verschiedene Radaufhängungen	728

145	Zusammenfassung der bisherigen Gleichungen für die stationäre Kreisfahrt	733
146	Kinematik und Elastokinematik der Radaufhängungen	734
146.1	Kinematik der gelenkten Vorderräder	736
146.2	Kinematik der Radaufhängung	738
146.3	Elastokinematik der Radaufhängungen	740
146.4	Sturz der Räder	741
147	Einfluß der Kinematik und Elastokinematik auf das Fahrverhalten	742
147.1	Vorspur und Umfangskraftlenken	742
147.2	Einschläge der gelenkten Vorderräder, Spurdifferenzwinkel	743
147.3	Wank- und Seitenkraftlenken	743
147.4	Sturz	746
148	Einfluß des Wankens	748
148.1	Größe des Wankwinkels (der Fahrzeugquerneigung)	748
148.2	Auswirkungen auf Fahrzeugschwingungen und Reifenverschleiß	749
148.3	Maximale Querbeschleunigung	750
149	Lenkung	752
149.1	Konventionelle Lenkung	752
149.1.1	Geometrische Beziehungen am Vorderrad	752
149.1.2	Lenkradmoment	753
149.1.2.1	Schnelle Kurvenfahrt, Antrieb und Bremsung	754
149.1.2.2	Langsame Kurvenfahrt	755
149.1.2.3	Lenkradmoment im Stand, Lenkungsverstärkung	756
149.1.2.4	Variable Lenkübersetzung	756
149.2	Unkonventionelle Lenkungen	756
149.2.1	Mechanische Überlagerungslenkung	757
149.2.2	„Steer-By-Wire“	758
XXI.2	Instationäre Fahrt	759
150	Fahrzeugsystem	759
150.1	Koordinatensysteme	760
150.2	Programmaufbau	761
151	Lenkwinkelrampe bei hohen Querbeschleunigungen	764
152	Einfluß des dynamischen Wankens	764
152.1	Einfluß von Wankfederung und -dämpfung	766
152.2	Querbeschleunigung in Kopfhöhe	767
153	Lastwechselverhalten aus stationärer Kreisfahrt	768
153.1	Bewertungskriterien	771
153.2	Einfluß von Fahrzeuggrößen	771
153.2.1	Achslaständerung durch Verzögerung	772
153.2.2	Umfangskraft, Vorder-, Hinterradantrieb	775
153.2.3	Sperrdifferential	778

153.2.4	Umfangskraftlenken	778
153.3	Ausgangsquerbeschleunigung	783
153.4	Zusammenfassung von Abschnitt 153	783
154	Allradlenkung	784
154.1	Querdynamik bei der Allradlenkung	784
154.2	Kompensation von Störungen durch die Allradlenkung	788
154.3	Zusammenfassung zur Allradlenkung	789
155	Fahrerassistenzsysteme	791
155.1	Fahrdynamikregelung (ESP)	792
156	Zusammenfassung von Kapitel XXI	794
XXII	Zusammenfassung von Teil C	796
	Verzeichnis wichtiger Sachwörter	799