

## Inhaltsverzeichnis

<b>Einführung</b> . . . . .	1
1. Übersicht über die dynamischen Probleme. . . . .	1
2. Aufteilung in Einzelprobleme . . . . .	3
3. Gliederung . . . . .	6
<b>Erster Teil: Rad und Reifen</b>	
<b>I. Rollen, Haften – Gleiten, Antreiben – Bremsen</b> . . . . .	7
4. Bewegungsgleichungen am Rad . . . . .	7
5. Rollwiderstand . . . . .	8
6. Rollwiderstandsbeiwert . . . . .	10
6.1 Schwallwiderstand . . . . .	15
7. Lagerreibung, Anfahrwiderstand . . . . .	15
8. Antriebs- und Bremsmomente (unbeschleunigte Fahrt) . . . . .	17
9. Haften und Gleiten . . . . .	18
10. Schlupf, dynamischer Halbmesser, Abstand Achse – Fahrbahn . . . . .	22
11. Kraftschlußbeanspruchung und Schlupf . . . . .	26
12. Schubspannungen im Latsch, Teilgleiten . . . . .	31
13. Genaue Betrachtung der $\mu$ -Werte, Aquaplaning . . . . .	35
14. Beschleunigte Fahrt . . . . .	38
<b>II. Vertikallasten, Federung</b> . . . . .	41
15. Radlast . . . . .	41
16. Tragfähigkeit des Reifens, Temperaturgrenze . . . . .	42
17. Druckverteilung im Latsch . . . . .	45
18. Federkonstante . . . . .	49
19. Reifendämpfung . . . . .	51
<b>III. Seitliche Belastungen, räumliches Problem</b> . . . . .	52
20. Seitenkräfte, Rückstellmomente, Schräglaufwinkel . . . . .	52
21. Zum Verständnis der Schräglauftypen . . . . .	55
21.1 Linearisierung der Schräglauftypen . . . . .	58
22. Einfluß von Radlast, Fahrgeschwindigkeit, Nässe der Fahrbahn . . . . .	58
23. Einfluß der Umfangskräfte, maximale Horizontalkräfte . . . . .	63
24. Einfluß des Sturzes auf das Schräglauftypen . . . . .	68
25. Berücksichtigung der Beschleunigungen, räumliches Problem . . . . .	69
26. Einlaufverhalten des Reifens . . . . .	75

**Zweiter Teil: Antrieb und Bremsen**

27. Bewegungsgleichungen . . . . .	78
<b>IV. Luftkräfte und -momente . . . . .</b>	
28. Bezeichnung der Luftbelastungen . . . . .	82
29. Anströmgeschwindigkeit und -richtung, Luftdichte . . . . .	85
30. Luftwiderstandsbeiwert . . . . .	88
31. Auftrieb . . . . .	95
32. Seitenbeiwerte . . . . .	97
33. Druckmittelpunkt, Heckflossen . . . . .	101
<b>V. Fahrwiderstände . . . . .</b>	
34. Radwiderstände des gesamten Fahrzeuges . . . . .	103
34.1 Rollwiderstand . . . . .	104
34.2 Vorspurwiderstand . . . . .	104
34.3 Widerstand auf unebenen Fahrbahnen . . . . .	105
34.4 Kurvenwiderstand (Krümmungswiderstand) . . . . .	108
34.5 Zusammenfassung der einzelnen Radwiderstände . . . . .	108
35. Luftwiderstand . . . . .	109
36. Steigungswiderstand . . . . .	110
37. Beschleunigungswiderstand . . . . .	112
38. Gesamtwiderstand, Zugkraft, Leistung an den Antriebsrädern . . . . .	116
39. Zugwiderstand . . . . .	121
<b>VI. Antrieb, Motorkennung, Wandler . . . . .</b>	
40. Antriebsmaschine konstanter Leistung, Kraftschlußgrenze . . . . .	122
41. Kennungen von Antriebsmaschinen . . . . .	124
41.1 Dampfantrieb . . . . .	124
41.2 Elektrische Antriebe . . . . .	125
41.3 Brennkraftmaschinen . . . . .	126
42. Brauchbarkeit der Antriebsmaschinen für den Fahrzeugbetrieb . . . . .	127
43. Verbrennungsmotor . . . . .	131
44. Kennungswandler, allgemein . . . . .	134
45. Drehzahlwandler . . . . .	135
46. Drehmomentenwandler . . . . .	138
46.1 Zusammenarbeit Motor und Stufengetriebe . . . . .	139
46.2 Zusammenarbeit Motor und stufenloses Getriebe . . . . .	140
<b>VII. Fahrleistungen . . . . .</b>	
47. Fahrzustandsschaubilder . . . . .	143
47.1 Vereinfachte Fahrzustandsschaubilder . . . . .	145
47.2 Exakte Darstellung . . . . .	146
48. Höchstgeschwindigkeit in der Ebene . . . . .	149
49. Steigungsfähigkeit . . . . .	153
50. Beschleunigungsfähigkeit . . . . .	161
50.1 Geschwindigkeiten, Wege, Zeiten . . . . .	162
50.2 Fahrzeuge mit idealer Zugkraftkennlinie . . . . .	165
50.3 Übersetzung der Zwischengänge . . . . .	168
50.4 Zugkraftunterbrechung . . . . .	170
51. Treibstoffverbrauch . . . . .	172

<b>VIII. Fahrgrenzen . . . . .</b>	178
52. Größe der Vertikallasten . . . . .	178
53. Kraftschlußbeanspruchung bei Vorder- bzw. Hinterachsantrieb . . . . .	181
53.1 Unbeschleunigte Fahrt in der Ebene . . . . .	185
53.2 Steigungsfahrt (unbeschleunigt) . . . . .	185
53.3 Beschleunigte Fahrt (in der Ebene) . . . . .	187
54. Allradantrieb . . . . .	190
54.1 Unbeschleunigte Fahrt in der Ebene . . . . .	190
54.2 Steigungsfahrt (unbeschleunigt) . . . . .	192
<b>IX. Bremsung . . . . .</b>	193
55. Aufgaben der Bremsanlagen, Umwandlung in Wärme. . . . .	193
55.1 Arbeit und Leistung bei der Verzögerungsbremsung . . . . .	194
55.2 Arbeit und Leistung bei der Beharrungsbremsung . . . . .	195
56. Bremsmomente, Bremskräfte, Abbremsung . . . . .	197
57. Beharrungsbremsung durch den Motor . . . . .	199
58. Bremswege bei Verzögerungsbremsung . . . . .	202
58.1 Bremsvorgang . . . . .	202
58.2 Anhalteweg . . . . .	204
58.3 Bremswegverlängerung gegenüber einer idealen Abbremsung . . . . .	206
59. Kraftschlußbeanspruchung bei Verzögerungsbremsung, Gütegrad. . . . .	209
59.1 Veränderung der Abbremsung über der Fahrgeschwindigkeit . . . . .	212
59.2 Veränderung der Bremskraftverteilung . . . . .	214
59.3 Begrenzung der Bremskräfte . . . . .	216
60. Ideale Bremskraftverteilung . . . . .	217
61. Auslegung der Bremskraftverteilung . . . . .	221
62. Kraftschlußbeanspruchung bei veränderlicher Beladung . . . . .	224
63. Abbremsung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger . . . . .	228
64. Blockierendes Rad . . . . .	230
64.1 Lösung im Bereich $0 \leq s \leq s_c$ . . . . .	233
64.2 Lösung im Bereich $s_c \leq s \leq 1$ . . . . .	234
64.3 Für den Blockievorgang wichtige Größen . . . . .	235
 <b>Dritter Teil: Fahrzeugschwingungen</b>	
65. Schwingungfersatzschema eines Fahrzeugs . . . . .	236
<b>X. Einmassensystem . . . . .</b>	240
66. Eigenschwingungen, Stabilität . . . . .	241
67. Erregerschwingungen . . . . .	245
68. Einfach abgefедerte Fahrzeuge . . . . .	249
69. Radsystem . . . . .	259
<b>XI. Schwingungsanregung, Beurteilungsmaßstäbe, regellose Schwingungen</b>	260
70. Anregung durch Fahrbahnunebenheiten . . . . .	260
71. Anregung durch Rad und Reifen . . . . .	266
72. Schwingbequemlichkeit . . . . .	272
73. Belastungen, Fahrsicherheit . . . . .	275
74. Berechnung regelloser Schwingungen . . . . .	279
75. Spektrale Dichte der Fahrbahnunebenheiten . . . . .	283

<b>XII. Schwingungen des Aufbaues und des Rades</b>	
<b>(feder- und dämpfergekoppeltes Zweimassensystem)</b>	286
76. Bewegungsgleichungen, Eigenfrequenzen	287
77. Erregerschwingungen, Vergleich Kraftfahrzeug — einfach abgefederete Fahrzeuge	289
78. Fahrzeug — Straße — Fahrgeschwindigkeit	291
79. Einfluß der Aufbaufederkonstanten $c_2$	298
80. Einfluß der Aufbaudämpfungskonstanten $k_2$	303
81. Einfluß der Radmasse $m_1$	305
82. Einfluß der Reifendaten	307
83. Einfluß der Aufbaumasse $m_2$ (Beladungsänderung)	309
84. Anpassung der Fahrzeugdaten an die Beladung	311
<b>XIII. Sitzfederung, Radaufhängung, nichtlineare Kennungen</b>	314
85. Sitzfederung	314
86. Einfluß der Radaufhängungen	319
86.1 Einfluß der Reifenverformung	324
86.2 Einfluß der Beschleunigungskopplung	329
87. Trampeln der Starrachse	329
88. Nichtlineare Feder- und Dämpferkennungen, Linearisierung	333
88.1 Nichtlineare Federkennungen	337
88.2 Nichtlineare Dämpferkennungen	338
88.3 Reibungsdämpfung	340
<b>XIV. Zweiachsfahrzeug</b>	343
89. Bewegungsgleichungen, Vergrößerungsfaktoren, $m_K = 0$	343
90. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit	347
91. Lage der Sitze	350
92. Einfluß der Fahrzeuggröße (Radstand)	352
93. Verschiedene Abstimmung der vorderen und hinteren Teilsysteme	354
94. Bewegungsgleichungen, $m_K \neq 0$	358
95. Einfluß der Koppelmasse und des Radstandes	359
96. Nickeigenfrequenz, Kopplung zwischen vorderer und hinterer Federung	365
 <b>Vierter Teil: Lenkung und Kurshaltung</b>	
97. Zentripetalbeschleunigung	368
97.1 Größe der Zentripetalbeschleunigungen und der Krümmungsradien	369
98. Momentanpol im Grundriß	371
<b>XV. Kreisfahrt (einfache Betrachtung)</b>	373
99. Kreisradius — Radeinschlag — Schräglaufwinkel	374
100. Radeinschlag bei Vernachlässigung der Schräglaufwinkel	377
101. Breitenbedarf	380
102. Kräfte bei Kreisfahrt	382
102.1 Vereinfachung der Gleichungen	383
103. Schleudergrenze (einfache Betrachtung)	385
104. Über- und Untersteuern, Radeinschlag	387
105. Einfluß der Reifengröße bzw. -bauart	393

106. Einfluß des Kraftschlusses . . . . .	395
107. Einfluß des Reifenluftdruckes . . . . .	395
108. Einfluß des Radsturzes . . . . .	396
109. Unterschiedlicher Radeinschlag . . . . .	398
110. Eigenlenkverhalten der Achsen . . . . .	400
111. Kurvenwiderstand . . . . .	402
112. Fahrgrenzen bei Kreisfahrt . . . . .	405
112.1 Fahrgrenze durch Kraftschluß, Änderung des Schräglaufes . . . . .	405
112.2 Fahrgrenze durch die Antriebsleistung . . . . .	408
<b>XVI. Kreisfahrt (umfassendere Betrachtungsweise)</b> . . . . .	409
113. Einfluß von Radlaständerung, Schwerpunktthöhe und Spurweite . . . . .	409
114. Unterschiedliche Radlaständerung an den Achsen, Kippgrenze . . . . .	414
115. Momentanzentrum, Momentanachse . . . . .	416
116. Berechnung der vertikalen Radlasten und der Fahrzeugeigung (am Beispiel der Starrachse) . . . . .	417
117. Verschiedene Radaufhängungen . . . . .	420
118. Unterschiedliche Federhärten, Stabilisator . . . . .	424
<b>XVII. Wege und Momente am Lenkrad</b> . . . . .	425
119. Definition der Vorderradkinematik . . . . .	426
120. Moment am Lenkrad . . . . .	427
121. Bewegungen und Belastungen am gelenkten Vorderrad . . . . .	432
121.1 Bewegungen am Rad und Achsschenkelbolzen . . . . .	433
121.2 Belastungen am Rad und Achsschenkelbolzen . . . . .	436
122. Summe der Momente um beide Achsschenkelbolzen . . . . .	438
123. Lenkmoment bei langsamer Kurvenfahrt . . . . .	440
124. Lenkmoment im Stand . . . . .	444
125. Lenkmoment bei schneller Kurvenfahrt . . . . .	446
126. Störmomente bei Geradeausfahrt . . . . .	452
127. Neigungsänderung des Lenkzapfens . . . . .	455
128. Bezugener Lenradeinschlag $\beta_L^*$ , Über- und Untersteuern . . . . .	456
129. Lenkradmoment . . . . .	460
<b>XVIII. Dynamische Vorgänge, Kurshaltung</b> . . . . .	462
130. Einführung . . . . .	462
131. Vorüberlegungen zu einem einfachen Fahrzeugmodell . . . . .	465
132. Aufstellung der Bewegungsgleichungen . . . . .	467
132.1 Schwerpunktsatz für den Aufbau . . . . .	470
132.2 Drallsatz für den Aufbau . . . . .	471
132.3 Bestimmung der vertikalen Radlasten . . . . .	473
132.4 Reifenbelastungen . . . . .	475
132.5 Beziehung Lenkrad- und Radeinschlag . . . . .	476
132.6 Luftbelastungen . . . . .	477
132.7 Zusammenfassung der Bewegungsgleichungen . . . . .	478
133. Kreisfahrt . . . . .	481
133.1 Reifen-, Lenkungs-, Radaufhängungselastizität . . . . .	483
133.2 Einfluß des Luftmomentes . . . . .	486
133.3 Einfluß der Schwerpunktthöhe und der Aufbauneigung . . . . .	487
133.4 Dimensionslose Darstellung . . . . .	489

134. Lösung der homogenen Gleichung, Stabilitätsbedingung. . . . .	490
135. Lenkverhalten von Kraftfahrzeugen . . . . .	494
136. Seitenwindverhalten von Kraftfahrzeugen . . . . .	511
137. Fahrer — Fahrzeug — Seitenwind . . . . .	520
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>524</b>