

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung des Buches	1
1.2 Methode der Dimensionsreduktion als Bindeglied zwischen Mikro- und Makroskala	3
1.3 Struktur des Buches	4
Literatur	5
<b>2 Separation der elastischen und der Trägheitseigenschaften in dreidimensionalen Systemen</b>	<b>7</b>
2.1 Einführung	7
2.2 Quasistationarität	8
2.3 Elastische Energie als lokale Eigenschaft	9
2.4 Kinetische Energie als globale Eigenschaft	10
Aufgaben	14
Literatur	18
<b>3 Normalkontaktprobleme mit rotationssymmetrischen Körpern ohne Adhäsion</b>	<b>19</b>
3.1 Abbildung von dreidimensionalen Kontaktproblemen in eine Dimension: Die Grundidee	19
3.2 Regeln von Geike & Popov und Regeln von Heß für Normalkontaktprobleme	20
3.3 Allgemeine Abbildung rotationssymmetrischer Profile	25
3.4 Abbildung von Spannungen	28
3.5 Abbildung von nicht-rotationssymmetrischen Körpern	29
Aufgaben	29
Literatur	37
<b>4 Normalkontakt mit Adhäsion</b>	<b>39</b>
4.1 Einführung	39
4.2 Regel von Heß für den adhäsiven Kontakt rotationssymmetrischer Körper	40
4.3 Adhäsiver Kontakt und Griffith-Riss	41
	XI

4.4	Vollständige Reduktion des adhäsiven, elastischen Kontaktes . . . . .	46
4.5	Musterbeispiel: Adhäsion einer Kugel mit überlagerter, radialer Welligkeit . . .	52
	Aufgaben . . . . .	57
	Literatur . . . . .	64
<b>5</b>	<b>Tangentialkontakt . . . . .</b>	<b>67</b>
5.1	Einführung . . . . .	67
5.2	Tangentialkontakt mit Reibung für parabolische Körper . . . . .	68
5.3	Tangentialkontakt mit Reibung für beliebige rotationssymmetrische Körper . . . . .	70
5.4	Abbildung von Spannungen im Tangentialkontakt . . . . .	75
	Aufgaben . . . . .	76
	Literatur . . . . .	84
<b>6</b>	<b>Rollkontakt . . . . .</b>	<b>87</b>
6.1	Abbildung des stationären Rollkontaktes . . . . .	87
6.2	Regeln für die exakte Abbildung des Rollkontaktes . . . . .	90
6.3	Shakedown und Kriechen in oszillierenden Rollkontakten . . . . .	91
	Aufgaben . . . . .	96
	Literatur . . . . .	98
<b>7</b>	<b>Kontakt mit Elastomeren . . . . .</b>	<b>99</b>
7.1	Einführung . . . . .	99
7.2	Spannungsrelaxation in Elastomeren . . . . .	100
7.3	Anwendung der Methode der Dimensionsreduktion auf viskoelastische Medien: Die Grundidee . . . . .	102
7.4	Radoks Methode der Funktionalgleichungen . . . . .	103
7.5	Formulierung der Reduktionsmethode für linear viskose Elastomere . . . .	106
7.6	Das allgemeine viskoelastische Materialgesetz . . . . .	107
	Aufgaben . . . . .	108
	Literatur . . . . .	113
<b>8</b>	<b>Wärmeleitung und Wärmeerzeugung . . . . .</b>	<b>115</b>
8.1	Wärmeleitfähigkeit und Wärmewiderstand . . . . .	115
8.2	Temperaturverteilung bei punktförmiger Wärmequelle auf leitendem Halbraum . . . . .	116
8.3	Die universelle Abhängigkeit von Leitfähigkeit und Kontaktsteifigkeit . . .	118
8.4	Die Umsetzung stationärer Leitungsprozesse innerhalb der Reduktionsmethode . . . . .	119
8.5	Wärmeproduktion und Temperatur im Kontakt elastischer Körper . . . . .	122
8.6	Wärmeproduktion und Temperatur im Kontakt viskoelastischer Körper . . . . .	124
	Aufgaben . . . . .	125
	Literatur . . . . .	130

<b>9</b>	<b>Adhäsion mit Elastomeren</b> .....	<b>133</b>
9.1	Einführung .....	133
9.2	Spannungskonzentration in der Nähe der Grenze eines adhäsiven Kontaktes .....	133
9.3	Deformationskriterium .....	135
9.4	Spannungskriterium .....	136
9.5	Adhäsiver Kontakt ohne Vorspannung .....	136
	Aufgaben .....	137
	Literatur .....	143
<b>10</b>	<b>Normalkontakt mit rauen Oberflächen</b> .....	<b>145</b>
10.1	Einführung .....	145
10.2	Zufällig raue, statistisch isotrope Oberflächen .....	146
10.3	Fraktale, selbst-affine Oberflächen .....	147
10.4	Generierung des äquivalenten 1D-Systems .....	149
10.5	Numerische Ergebnisse der Randelementemethode und der Reduktionsmethode .....	152
10.6	Selbstaffinität und Dimensionsreduktion .....	156
10.7	Kontaktmechanik von selbstaffinen Oberflächen für $-1 < H < 3$ .....	157
10.8	Äquivalenz zwischen rauen selbst-affinen und rotationssymmetrischen Kontakten mit gleichem Hurst-Exponenten .....	160
	Aufgaben .....	162
	Literatur .....	167
<b>11</b>	<b>Reibungskraft</b> .....	<b>169</b>
11.1	Einführung .....	169
11.2	Energiedissipation in einem Elastomer mit linearer Rheologie .....	170
11.3	Reibungskraft zwischen einem starren, axialsymmetrischen Indenter und einem Elastomer .....	171
11.4	Die Halbraumnäherung .....	173
11.5	Berechnung der Reibungskraft mit einem konischen Indenter im Rahmen der Dimensionsreduktionsmethode .....	174
11.6	Korrekturkoeffizient bei der Umrechnung von 3D in 1D Profile .....	177
11.7	Kontakte zwischen rauen Oberflächen .....	180
11.8	Kontakt eines ebenen, glatten Elastomers mit einem durchschnittlich ebenen, rauen Körper .....	181
11.9	Kontakt zwischen einem rauen Elastomer und einer rauen starren Fläche .....	182
	Aufgaben .....	182
	Literatur .....	188
<b>12</b>	<b>Reibungsdämpfung</b> .....	<b>189</b>
12.1	Einführung .....	189
12.2	Dämpfung durch trockene Reibung .....	189

12.3	Dämpfung von Elastomeren bei Normaloszillationen .....	192
	Aufgaben.....	193
	Literatur .....	195
<b>13</b>	<b>Kopplung an eine makroskopische Dynamik .....</b>	<b>197</b>
13.1	Einführung.....	197
13.2	Hybridmodelle: Verzicht auf die Formulierung eines expliziten Reibgesetzes .....	197
13.3	Simulation eines Nanoantriebs .....	200
	Aufgaben.....	204
	Literatur .....	206
<b>14</b>	<b>Akustische Emission beim Rollen.....</b>	<b>207</b>
14.1	Einführung.....	207
14.2	Akustische Emission beim Rollen eines Rades – Analytische Lösung.....	208
14.3	Akustische Emission beim Rollen eines Rades – Dynamische Simulation .....	211
	Literatur .....	214
<b>15</b>	<b>Kopplung an Mikroskala .....</b>	<b>215</b>
15.1	Einführung.....	215
15.2	Nichtlineare Steifigkeit auf der „Mikroebene“ .....	215
15.3	Kopplung mit der Mikroskala am Beispiel des Hertzschen Kontaktes .....	216
15.4	Kopplung mit der Mikroskala am Beispiel einer zufällig rauen, fraktalen Oberfläche .....	217
	Literatur .....	219
<b>16</b>	<b>Was weiter? .....</b>	<b>221</b>
16.1	Einführung.....	221
16.2	Lineare Scans zur direkten Verwendung im eindimensionalen Ersatzmodell.....	221
16.3	Anisotropie: Lineare Scans in Bewegungsrichtung?.....	222
16.4	Kann die Methode der Dimensionsreduktion auch auf nicht zufällig raue Oberflächen angewandt werden? .....	223
16.5	Heterogene Systeme .....	224
16.6	Bruch und plastische Deformation in der Dimensionsreduktionsmethode .....	225
	Literatur .....	226

<b>17</b>	<b>Anlage 1: Exakte Lösungen in drei Dimensionen für den</b>	
	<b>Normalkontakt rotationssymmetrischer Körper</b> .....	227
17.1	Einführung .....	227
17.2	Normalkontakt ohne Adhäsion. ....	230
17.2.1	Eingliedrige Profilvorgabe – Potenzfunktion. ....	231
17.2.2	Der Sonderfall des flachen zylindrischen Stempels. ....	232
17.2.3	Superpositionsprinzip und mehrgliedrige Profilvorgabe. ....	232
17.3	Normalkontakte mit Adhäsion gemäß verallgemeinerter JKR-Theorie .....	233
17.4	Die Abbildung von Spannungen .....	237
	Literatur .....	238
<b>18</b>	<b>Anlage 2: Exakte Lösungen in drei Dimensionen für den</b>	
	<b>Tangentialkontakt rotationssymmetrischer Körper</b> .....	241
	Literatur .....	245
<b>19</b>	<b>Anlage 3: Ersetzung der Materialeigenschaften mit Radoks Methode der</b>	
	<b>Funktionalgleichungen</b> .....	247
19.1	Einführung .....	247
19.2	Die Fundamentallösung für das linear viskose Materialmodell .....	247
19.3	Die Fundamentallösung für das linear viskose, inkompressible Materialmodell. ....	251
19.4	Die Anwendung der Reduktionsmethode auf ein allgemeines lineares viskoelastisches Materialmodell .....	251
19.5	Vereinfachung: das inkompressible, viskoelastische Materialmodell .....	254
19.6	Vereinfachung: Approximation der Relaxationsfunktionen durch diskrete Modelle .....	255
	Literatur .....	255
<b>20</b>	<b>Anlage 4: Bestimmung des 2D Leistungsspektrums aus 1D Scans</b> .....	257
20.1	Einführung .....	257
20.2	Definitionen .....	257
20.3	Zusammenhang des 1D- und des 2D-Leistungsspektrums .....	258
20.4	1D und 2D Leistungsspektren für zufällig raue, selbst-affine Oberflächen .....	260
	Literatur .....	261
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	263