

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung: Grundlagen eines systematischen Lösungskonzeptes	1
1.1 Modellbildung	1
1.2 Strukturierter methodischer Lösungsweg zum mathematischen Modell	2
1.3 Hinweise zum Gebrauch des Buches	6
2 Stereo-Statik	7
2.1 bis 2.19 Systeme von Kräften und Momenten, Gleichgewicht, Schwerpunkt	9
2.1 Schlepper-Kräfte an einem Schiff	9
2.2 Frage zur Äquivalenz von zwei Kräftesystemen im Raum	10
2.3 Resultierender Kraftwinder eines Kräftesystems	11
2.4 Räumliches Abspannsystem	13
2.5 Regalleiter als räumliches Kräftesystem	16
2.6 Gleichgewicht eines Stabes	18
2.7 Kniehebepresse	19
2.8 Gleichgewicht in Haltevorrichtung	21
2.9 Gleichgewicht gestapelter Rohre	22
2.10 Gleichgewicht einer Lagerrampe für Rohre	24
2.11 Gleichgewicht in einem Seilpolygon	25
2.12 Gleichgewicht in einem Seilzug mit 5 Rollen	26
2.13 Gleichgewicht in einem Seilzug mit 2 Rollen	27
2.14 Gleichgewicht in einem hängenden Stabsystem mit Seilrolle	28
2.15 Kräfte an einem 4-beinigen Tisch	29
2.16 Kräfte an einem 4-rädrigen Wagen mit Einzelradfedern	31
2.17 Experimentelle Bestimmung des Schwerpunktes	32
2.18 Schwerpunkt für einen schräg abgeschnittenen Zylinder	33
2.19 bis 2.27 Lagerung von Körpern, innere Kräfte und Momente im Balken	35
2.19 Gelenkeinbau für statische Bestimmtheit, Schnittgrößen in Balken	35
2.20 Räumliches 3-Stab-Gerüst	39
2.21 Hebebühne	41
2.22 Schnittgrößen im verzweigten Balkensystem	43
2.23 Schnittgrößen im zusammengesetzten Balkensystem	45
2.24 Dachkonstruktion als Dreigelenkbogen, Schnittgrößenverläufe	48
2.25 Tretlagerwelle eines Fahrrades, Schnittgrößenverläufe	51
2.26 Welle im 4-stufigen Getriebe, Biegemomente	53
2.27 Kreisring mit 3 Gelenken, Schnittgrößenverläufe	56
2.28 bis 2.31 Fachwerke, Verbindung von Fachwerk mit Balken	61
2.28 Fachwerk mit Seilzug	61
2.29 Nicht einfach abbrechbares Fachwerk, CREMONA-Plan	62
2.30 Fachwerk mit Seilzug	65
2.31 Brückensteg mit Fachwerksversteifung, Verkehrslast	68

2.32 bis 2.33	Seilstatik	72
2.32	Seilkurve einer Drachenschnur, Flughöhe.....	72
2.33	Seilbrücke mit veränderlichem Eigengewicht.....	74
2.34 bis 2.36	Prinzip der virtuellen Arbeit	76
2.34	Bremsmoment einer Backenbremse	76
2.35	Wirkung einer Kniehebelpresse	78
2.36	Gelenkbalken mit Kran	80
2.37 bis 2.41	Reibungskräfte	82
2.37	Schiefe Ebene mit Reibungseinfluss	82
2.38	Hängendes Bauteil mit Reibungskraft am Boden	83
2.39	Kräfte in keilförmiger Klemmvorrichtung, Reibungseinfluss	86
2.40	Reibungskräfte am Schlossriegel einer Tür	88
2.41	Seilrolle mit Wandreibung	90
3	Elasto-Statik	95
3.1 bis 3.4	Spannung und Dehnung, Wärmedehnung	96
3.1	Normal- und Schubspannungen in einem geschweißten Rohr	96
3.2	Randspannungen in einer Bohrspindel, Dehnungsmessstreifen	98
3.3	Spannungen in einem Eisturm	101
3.4	Kupferwürfel unter Druck und Temperaturlast	102
3.5 bis 3.11	Zug und Druck	104
3.5	Gespannter Stahldraht mit Querlast, nichtlineares Problem	104
3.6	Spannung und Verformung einer Stütze, Eigengewicht und äußere Last ..	106
3.7	Statisch unbestimmt gelagertes Fachwerk, Kräfte und Formänderungen ..	107
3.8	Statisch unbestimmte Balkenaufhängung, Kraft- und Temperaturlast	110
3.9	Spannung in statisch unbestimmt eingespannten Stab, 2 Werkstoffe	113
3.10	Längenänderungen und Spannungen in einem Wärmetauscher	115
3.11	Dehnschrauben und Verspannungsdiagramm	118
3.12 bis 3.13	Torsion von Wellen mit Kreisquerschnitt	121
3.12	Welle mit variablem Durchmesser als Torsionsfeder	121
3.13	Eingespannte Welle mit Zahnrad unter Torsionslast	122
3.14 bis 3.23	Technische Biegelehre	125
3.14	Flächenträgheitsmoment eines Balkens, maximale Biegespannung	125
3.15	Flächen-Trägheits- und -Deviationsmoment eines Profils	127
3.16	Bruch von Fichtenstämmen bei Sturm	130
3.17	Sandwichbalken unter Biegung, Spannungs- und Dehnungsverlauf	132
3.18	Verformung eines kegelstumpf-förmigen Balkens	136
3.19	Fest eingespannter Gelenkbalken mit Verschiebung der Lager	137
3.20	Biegemoment und Biegelinie bei stat. unbestimmter Balkenlagerung	139
3.21	Biegelinie eines senkrechten Balkens mit exzentrischer Last	141
3.22	Biegelinie eines Gelenkbalkens	144
3.23	Querschnittsvariation zur Änderung von Verformung und Biegespannung	146

3.24 bis 3.25	Überlagerte Belastungsfälle	152
3.24	Stab mit exzentrischer Zugkraft, Überlagerung: Zug und Biegung	152
3.25	Verzweigtes Bauteil unter Last, Vergleichsspannung	154
3.26 bis 3.32	Energiemethoden in der Elasto-Statik.....	157
3.26	Kreisbogenträger, Biegemoment, Lagerverschiebung	157
3.27	Durchbiegung einer Getriebewelle, Satz von CASTIGLIANO	160
3.28	Eingespannte Welle mit Zahnrad unter Torsionslast	161
3.29	Statisch unbestimmt gelagertes Fachwerk, Kräfte und Formänderungen ...	162
3.30	Gekoppelte, eingespannte Balken unter Last	164
3.31	Geschlossener Kreisring unter Last	170
3.32	Statisch unbestimmt gelagerter Rahmen unter Last	174
3.33 bis 3.34	Knickung	179
3.33	Aufgebohrte Stütze unter Last, Stabilitätsgrenze	179
3.34	Axial belasteter Stab als Biegefeder, kraftabhängige Federkonstante	183
4	Kinematik	186
4.1 bis 4.11	Bewegung von Punkten und Punktsystemen	188
4.1	Sicherer Überholvorgang zwischen Pkw und Lkw	188
4.2	Bewegung eines Behälters in einer Förderanlage	190
4.3	Laufzeitberechnung aus Geschwindigkeits-Weg-Funktion	192
4.4	Geschwindigkeits-Weg-Funktion für einen Zug	194
4.5	Bahnkurve eines Schiffes in Strömung bei konstanter Peilung	197
4.6	Daten zur Bahnkurve eines Flugzeugs	199
4.7	Einstellung der Visierlinie beim Winkelschuss mit Jagdwaffe	201
4.8	Notwendiger Sicherheitsabstand bei Fahrt über Rollsplitt	205
4.9	Schwingender Werkzeugmaschinenantrieb	209
4.10	Schubkurbelmechanismus	211
4.11	Winkel-Zeit-Funktionen bei 3-achsigem Montageroboter	213
4.12 bis 4.14	Relativbewegungen	214
4.12	Abwicklung eines Seils	214
4.13	Bewegung einer Punktmasse im bewegten ringförmigen Rohr	218
4.14	Kinematische Größen einer von bewegter Basis geworfenen Kugel	222
4.15 bis 4.20	Kinematik des starren Körpers	226
4.15	Ebene Bewegung von 3 gelenkig verbundenen Stäben	226
4.16	Drehendes System mit 3 im Eingriff stehenden Zahnrädern	228
4.17	Übersetzungsverhältnis für ein Planetengetriebe	230
4.18	Gleichachsiges Kegelradgetriebe mit 4 Kegelrädern	232
4.19	Winkelgeschwindigkeitsübertragung beim Kardangelenk	235
4.20	Formale Ableitung der kinematischen Grundgleichung für starre Körper	239
5	Kinetik	242
5.1 bis 5.23	Kinetik der ebenen Bewegung von Punkten und starren Körpern	245
5.1	Gewichtsmessung im beschleunigten Aufzug	245
5.2	Kräfte in einem Stößeltrieb	246
5.3	Beschleunigung in einem Seilzugsystem mit Reibung	248

5.4	Förderanlage auf schiefer Ebene mit Gleitreibung	251
5.5	Bewegung von zwei elastisch gekoppelten Massen	255
5.6	Bungee-Sprung	256
5.7	Freie Bewegung eines Seilzugsystems mit drei Massen	258
5.8	Bewegung eines Systems aus Walze und Gewicht mit Reibung	259
5.9	Änderung dynamischer Parameter bei Größenvergleich von Tieren	261
5.10	Vergleich verschiedener Radantriebe für Pkw auf Bergstraße	263
5.11	Rollbedingung für Walze auf schiefer Ebene	265
5.12	Kupplungsvorgang von zwei Rotoren mit Reibungskupplung	267
5.13	Gekoppelte Hohl- und Vollwalze auf schiefer Ebene	269
5.14	Antriebsmoment und Seilkräfte in einer Aufzugsanlage	272
5.15	Hubwerk mit besonderer Seilführung	274
5.16	Bewegung und Lagerkräfte beim Öffnen eines schweren Tores	277
5.17	Abrutschen eines Stabes an glatter Wand und glattem Boden	279
5.18	Winkelbeschleunigung in einem schweren Rollenlager	281
5.19	Kippender Rollkörper auf rauher und glatter Ebene	284
5.20	Bewegung eines Wagens mit Rädern auf schiefer Ebene	288
5.21	Anlegemanöver eines Schiffes	290
5.22	Leistung eines Pkw-Motors	294
5.23	Fördereinrichtung mit vorgegebener Motorkennlinie	295
5.24 bis 5.31	Kinetik des starren Körpers im Raum, Auswuchten	298
5.24	Rollender Kreiskegel	298
5.25	Auswuchten eines Maschinenrotors	301
5.26	Dynamische Parameter und Lagerkräfte für eine Kurbelwelle	305
5.27	Spiel „Rotierender Knopf“, Erklärung des dynamischen Verhaltens	311
5.28	Auswuchten eines Rotors mit Fertigungsfehler	313
5.29	Funktion einer Kollermühle	317
5.30	Kurvenfahrt eines 4-rädrigen Schienenfahrzeugs	320
5.31	Lagerkräfte in den Rotorlagern eines stampfenden Turbinenschiffes	324
5.32 bis 5.36	Systeme mit variabler Masse, Kinetik der Relativbewegung	326
5.32	Startendes Flugmodell mit Lenkseil	326
5.33	Massenänderung bei einer startenden Rakete	328
5.34	Rotierende Stange mit beweglichem, mitgeführten Körperpunkt	329
5.35	Rotierendes System mit zwei Antrieben	332
5.36	Rotierendes Rohr mit mitgeführter fallender Kugel	333
5.37 bis 5.47	Schwingungen	336
5.37	Eigenschwingungen einer elastisch gefesselten rollenden Walze	336
5.38	Experiment für einen Fußgänger: Statische Verformung einer Brücke	338
5.39	Eigenschwingungen für ein System aus 3 gekoppelten Massen	339
5.40	Vereinfachung für komplexe Federfesselung einer Masse	342
5.41	Experimentelle Bestimmung des Massen-Trägheitsmomentes	347
5.42	Rollpendelversuch zur Bestimmung des Trägheitsmomentes einer Walze	349
5.43	Änderung der Pendelfrequenz im beschleunigten Fahrzeug	352
5.44	Linearisierung der Bewegungsgleichung für ein Schwingungssystem	356
5.45	Zentrifugalregler mit zwei Pendel	358
5.46	Zwangsschwingungen eines Bodenverdichters	363

5.47 Amplitudenfehler eines Schwingungsmessgerätes	366
5.48 bis 5.52 Stoßprobleme	369
5.48 Doppelstoß von zwei elastischen Bällen	369
5.49 Zusammenstoß von zwei Fahrzeugen	371
5.50 Stoß auf ein Doppelpendel	373
5.51 Stoß auf kreisrunde Scheibe mit Aufhängung in einem Kugelgelenk.....	376
5.52 Experiment: Rauer elastischer Stoß mit „Superball“	377
5.53 LAGRANGESche Gleichung 2. Art: Kirchenglocke als Doppelpendel	381
Literaturhinweise	385
Liste der wichtigsten Formelzeichen	386