

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Grundlagen	1
1.1	Didaktik dieses Buches	2
1.1.1	Grundlegende Rahmen	2
1.1.2	Farbboxen	3
1.2	Technische Mechanik, Analytische Mechanik, Physik	4
1.2.1	Was ist Mechanik?	4
1.2.2	Themengebiete der Mechanik	4
1.3	Grundlagen	6
1.3.1	Summenschreibweise	6
1.3.2	Produktschreibweise	6
1.3.3	Gleitkommadarstellung	7
1.3.4	Griechisches Alphabet	7
2	Freischneiden und Freimachen	9
2.1	Newton'sche Axiome	12
2.1.1	1. Newton'sches Axiom: Trägheitsgesetz	12
2.1.2	2. Newton'sches Axiom: Dynamisches Grundgesetz	13
2.1.3	3. Newton'sches Axiom: Wechselwirkungsgesetz	14
2.2	Freimachen eines Auslegerkrans	17
2.3	Arten von Kräften	17
2.3.1	Einzelkräfte	17
2.3.2	Streckenlast, Flächenlast	17
2.3.3	Volumenkraft	18
2.3.4	Innere Kräfte	18
2.3.5	Äußere Kräfte	18
2.4	Lager	18
2.4.1	Festlager	19
2.4.2	Loslager	20
2.4.3	Einspannung	21
2.4.4	Pendelstützen	22
2.4.5	Wertigkeit eines Lagers	23
2.5	Überblick der wichtigsten Lagerungen und Kräfte	23
2.6	Übungen	30
3	Kraftsysteme	35
3.1	Zentral ebenes Kraftsystem (ZEK)	41
3.1.1	Hilfsgesetz der Kräfteverschiebung	41
3.1.2	Grundgesetz der Wechselwirkung	42
3.1.3	Zusammensetzen von Kräften zu Resultierenden	43
3.2	Gleichgewicht im ZEK	45
3.3	Allgemein ebenes Kräftesystem (AEK)	45
3.3.1	Zusammensetzen zweier Kräfte	46
3.3.2	Zwei parallele Kräfte, gleicher Wirkungssinn	46
3.3.3	Zwei parallele Kräfte, entgegengesetzter Wirkungssinn	47
3.3.4	Zwei entgegengesetzt gerichtete, gleich große Kräfte	47

3.4	Gleichgewichtsbedingungen grafisch	48
3.4.1	Gleichgewicht zweier Kräfte	48
3.4.2	Gleichgewicht dreier Kräfte	48
3.4.3	Gleichgewicht vierer Kräfte, Culmann	51
3.5	Gleichgewichtsbedingungen analytisch	51
3.5.1	Summe aller Kräfte in x -Richtung	51
3.5.2	Summe aller Kräfte in y -Richtung	53
3.5.3	Summe aller Kräfte in z -Richtung	53
3.5.4	Schräge Kräfte	53
3.5.5	Summe aller Momente um einen Punkt gleich null	55
3.5.6	Beispiel	56
3.6	Praxis	56
3.6.1	Lösung mit Matlab	57
3.6.2	Lösung mit SolidWorks FEM	58
3.7	Kräftepaar	65
3.8	Resultierende Kraft analytisch	65
3.8.1	Rechtwinkeliges Dreieck	65
3.8.2	Allgemeines Dreieck	66
3.9	Kräftevektoren in der Ebene	68
3.9.1	Gleichgewichtsbedingungen in der Ebene, vektoriell	68
3.9.2	Balkenbeispiel, vektoriell	68
3.10	Momente	68
3.10.1	Resultierendes Moment	71
3.10.2	Momentenvektor	72
3.11	Zentral räumliches Kräftesystem (ZRK)	73
3.11.1	Einführung	73
3.11.2	Beispiel im ZRK – mit Vektoren	74
3.12	Übungen	78
4	Seileck- und Schlusslinienverfahren	91
4.1	Ersatzproblem	92
4.1.1	Grafische Ermittlung	92
4.1.2	Rechnerische Ermittlung	95
4.2	Gleichgewichtsproblem	96
4.2.1	Grafische Lösung	96
4.3	Übungen	99
5	Standsicherheit	103
5.1	Gleichgewichtslagen	104
5.1.1	Thermisches Gleichgewicht	104
5.1.2	Dynamisches Gleichgewicht	104
5.1.3	Gleichgewichtszustand bei Störungen	104
5.1.4	Gleichgewicht beim Pendel	105
5.2	Standsicherheit	106
5.2.1	Kippkante	106
5.2.2	Standmomente	107
5.2.3	Kippmomente	107
5.2.4	Interpretation des Standsicherheitsergebnisses	107

5.2.5	Berechnung der Sicherheit	108
5.2.6	Anwendung	108
5.2.7	Grafische Lösung	108
5.3	Übungen	114
6	Schwerpunktlehre	119
6.1	Ermittlung des Schwerpunktes	121
6.1.1	Arten von Schwerpunkten	122
6.1.2	Notation der Schwerpunktabstände	122
6.1.3	Flächenschwerpunkt Grundformeln	122
6.1.4	Linienschwerpunkt Grundformeln	123
6.1.5	Unterschied Flächen- und Linienschwerpunkt	124
6.2	Flächenschwerpunkt	124
6.2.1	Einfachintegral mit Flächenstreifen	124
6.2.2	Doppelintegral, kartesische Koordinaten	127
6.2.3	Doppelintegral, Polarkoordinaten	130
6.3	Volumenschwerpunkt	131
6.3.1	Bestimmung des Volumens	131
6.3.2	Rotationskörper	132
6.3.3	Allgemeine Körper	132
6.4	Linienschwerpunkt	133
6.4.1	Berechnung der Bogenlänge	133
6.4.2	Linienschwerpunkt	133
6.5	Massenmittelpunkt bzw. Massenschwerpunkt	134
6.6	Schwerpunktberechnung wichtiger Geometrien	134
6.6.1	Dreieck	134
6.6.2	Kreisausschnitt	136
6.7	Grafische Bestimmung	138
6.7.1	Bei einzelnen Flächen	138
6.7.2	Bei zusammengesetzten Flächen	138
6.8	Schwerpunkte einiger Figuren	140
6.8.1	Linienschwerpunkt	140
6.8.2	Flächenschwerpunkt	141
6.8.3	Körperschwerpunkt	143
6.9	Schwerpunkt bei fehlender Flächen	144
6.10	Guldin'sche Regel	144
6.10.1	1. Guldin'sche Regel	145
6.10.2	2. Guldin'sche Regel	145
6.11	Schwerpunktbestimmung in der Praxis	146
6.11.1	Flächenschwerpunkt	146
6.11.2	Guldin'sche Regel	146
6.12	Schwerpunkt mittels Tabelle	149
6.13	Schwerpunktermittlung mithilfe der Vektorrechnung	150
6.13.1	Mittelpunkt einer Strecke	150
6.13.2	Schwerpunkt eines Dreiecks	151
6.14	Literaturempfehlungen	152
6.15	Übungen	152

7	Reibung / Haftung	169
7.1	Notation	174
7.1.1	Reibungskraft	174
7.1.2	Normalkraft	174
7.1.3	Reibungskoeffizient	174
7.2	Arten der Reibung	175
7.2.1	Haftreibung	175
7.2.2	Gleitreibung	175
7.2.3	Rollreibung	176
7.2.4	Seilreibung	176
7.2.5	Rollwiderstand	176
7.3	Abhängigkeit der Reibkraft	176
7.3.1	Starre Bauteile	176
7.3.2	Elastische Bauteile	176
7.4	Coulomb'sches bzw. Amonton'sches Reibungsgesetz	178
7.4.1	1. Amonton'sche Gesetz	178
7.4.2	2. Amonton'sche Gesetz	179
7.4.3	Reibungswinkel ρ	179
7.4.4	Gängige Reibwerte	179
7.5	Reibkegel	182
7.6	Beispiele	183
7.6.1	Haftreibung: Beispiel Leiter	183
7.6.2	Gleitreibung: Beispiel Bohrtisch	184
7.7	Seilreibung	187
7.7.1	Euler-Eytelwein-Gleichung	187
7.7.2	Beispiele	190
7.8	Rollreibung	192
7.8.1	Idealfall	192
7.8.2	Wirklicher Fall	192
7.8.3	Roll- und Fahrwiderstand	193
7.9	Lagerreibung	194
7.9.1	Tragzapfen	194
7.9.2	Spurzapfen	195
7.10	Reibung auf der schiefen Ebene	196
7.10.1	Grundfälle	196
7.10.2	1. Grundfall (Bewegung nach oben)	196
7.10.3	2. Grundfall (Halten auf Position)	199
7.10.4	3. Grundfall (Bewegung nach unten)	202
7.10.5	Übersicht aller Fälle	203
7.10.6	Einsatz von Software zur Berechnung der Reibkraft	205
7.11	Gewindereibung	208
7.11.1	Abwicklung und Helix	208
7.11.2	Arten von Gewindereibungen	209
7.11.3	Gewindereibungsmoment	211
7.11.4	Bedingungen der Selbsthemmung	212
7.11.5	Bewegungsschrauben mit Spitz- oder Trapezgewinde	212
7.11.6	Beispiel Schraubstockspindel	213
7.12	Reibleistung	214
7.13	Übungen	215

8	Fachwerke und Tragwerke	223
8.1	Grundlagen	226
8.1.1	Komponenten eines Fachwerk	226
8.1.2	Idealisierungen	226
8.1.3	Fachwerktypen	227
8.1.4	Konstruktive Gestaltung von Fachwerken	227
8.2	Berechnung in der Ebene	228
8.2.1	Statische Bestimmtheit	228
8.2.2	Bestimmung der Nullstäbe	230
8.2.3	Zeichnerische Lösung	230
8.2.4	Rechnerische Lösung	236
8.2.5	Lösung mit PC	238
8.3	Berechnung im Raum	247
8.3.1	Gleichgewichtsbedingungen	247
8.3.2	Vektorrechnung	248
8.3.3	Computergestützte Lösung	250
8.4	Übungen	252
9	Totalresultierende	267
9.1	Totalresultierende von Streckenlasten	268
9.1.1	Rechtecklast	271
9.1.2	Dreiecklast	271
9.1.3	Trapezlast	271
9.1.4	Parabellast	272
9.2	Totalresultierende von Flächenlasten	273
9.2.1	Quaderlast	273
9.2.2	Pyramidenlast	273
9.3	Computergestützte Anwendung	274
9.4	Übungen	274
10	Elastische Lager	295
10.1	Federn	296
10.1.1	Schaltungen von Federn	297
10.1.2	Bestimmung der Federkonstante	299
10.1.3	Gleichgewicht bei steifen, starren Federn	300
10.1.4	Gleichgewicht bei weichen Federn	303
10.1.5	CAD-Anwendung – SolidWorks	303
10.1.6	Sonstige Federpakete	308
10.2	Dämpfer	314
10.2.1	Hydro- und Aerodämpfer	315
10.2.2	Puffer und Gummidämpfer	316
10.3	Übungen	317
11	Seilstatik & Kettenlinien	327
11.1	Einführung	329
11.1.1	Stabilität bei Seilsystemen	329
11.1.2	Mathematische Grundlagen	330
11.2	Eigenlasten am Seil	332
11.2.1	Senkrecht hängendes Drahtseil	332
11.2.2	Senkrecht hängendes Seil	333

11.2.3	Seil in einer beliebigen Position	333
11.2.4	Herleitung der Kettenlinie	334
11.2.5	Seil unter Eigenlast	336
11.3	Seil unter Eigenlast und Zusatzlast	343
11.3.1	Senkrecht hängendes Seil	343
11.3.2	In einem beliebigen Winkel und Einzellast	344
11.4	Vereinfachungen in der Realität	348
11.4.1	Wann liegt nahezu kein Fehler vor?	348
11.4.2	Herleitung der Formel für Seil unter konstanter Linienlast	348
11.4.3	Beispiel	351
11.5	Übungen	354
12	Gelenkträger und Dreigelenkbögen	371
12.1	Systeme starrer Körper	373
12.1.1	Verbindungen	374
12.1.2	Statisch bestimmte Systeme	374
12.1.3	Statisch unterbestimmte Systeme	374
12.1.4	Statisch unbestimmte Systeme	374
12.2	Gelenkträger	375
12.2.1	Aufbau	375
12.2.2	Berechnung	375
12.2.3	Zeichnerische Ermittlung	375
12.3	Dreigelenkbogen	378
12.3.1	Rechnerische Ermittlung	378
12.3.2	Superpositionsprinzip	380
12.3.3	Zeichnerische Lösung	381
12.4	Softwaregestützte Ermittlung	383
12.5	Übungen	388
13	Virtuelle Arbeit, virtuelle Leistung	399
13.1	Virtuelle Arbeit	402
13.1.1	Das ewige Getriebe	402
13.1.2	Virtuelle Verschiebung	402
13.1.3	Definition der virtuellen Arbeit und Begriffe	402
13.1.4	Virtuelle Kräfte	402
13.1.5	Vorgehensweise	403
13.1.6	Generalisierte Koordinaten	403
13.1.7	Ergänzungen	403
13.1.8	Beispiele	404
13.1.9	Computergestützte Lösung	406
13.2	Virtuelle Leistung	409
13.2.1	Unterteilungen der Kräfte, Kinetostatik	409
13.2.2	Ohne Betrachtung der Trägheit	410
13.2.3	Mit Betrachtung der Trägheit	414
13.3	Kraftwandlung bei einem Flaschenzug	414
13.3.1	Faktorenflaschenzug	415
13.3.2	Potenzflaschenzug	415
13.3.3	Differenzialflaschenzug	415
13.4	Übungen	417

14	Statik in Anwendung und Industrie	421
14.1	Wie werden Kräfte, Schwerpunkte etc. ermittelt?	422
14.1.1	Ermittlung im CAD	422
14.1.2	Ermittlung durch Versuche	422
14.1.3	Ermittlung durch Sensoren	423
14.2	Wie löst man sinnvoll Gleichungen	434
14.3	Wofür werden diese Probleme der Statik untersucht?	435
	Serviceteil	437
	Formelsammlung Stereostatik	438
A.1	Grundlagen	438
A.2	Kraftsysteme	442
A.3	Schlusslinie und Seileck	448
A.4	Standsicherheit	449
A.5	Schwerpunktlehre	451
A.6	Reibung/Haftung	457
A.7	Fachwerke	464
A.8	Totalresultierende	465
A.9	Elastische Lager	465
A.10	Seilstatik	466
A.11	Gerberträger und Dreigelenkbogen	469
A.12	Virtuelle Arbeit, virtuelle Leistung	469
	Literatur	471
	Personenverzeichnis	475
	Stichwortverzeichnis	477