

Inhaltsverzeichnis

1	Statik	1
1.1	Grundbegriffe	1
1.1.1	Einordnung und Gliederung der Mechanik.....	1
1.1.2	Zum Kraftbegriff.....	2
1.1.3	Einteilung der Kräfte	3
1.1.4	Das Schnitt- und Wechselwirkungsprinzip.....	4
1.2	Kräfte in einem Angriffspunkt	4
1.2.1	Lineare Gleichungssysteme und zugehörige Lösungsverfahren.....	4
1.2.2	Trigonometrisches Grundwissen	9
1.2.3	Ein zentrales Kräftesystem: Pendelstützen mit im Knoten angreifenden Lasten.....	10
1.2.4	Zentrale Kräftegruppe: Eine Öse	13
1.2.5	Zentrale Kräftegruppe an der Umlenkrolle.....	14
1.2.6	Zentrale Kräftegruppe: Ozeandampfer im Schlepp	16
1.2.7	Gewichte an Pendelstützen mit angreifender Kraft	17
1.3	Allgemeine Kräftesysteme: Gleichgewicht des starren Körpers	18
1.3.1	Mehrscheibensystem unter Eigengewicht I	18
1.3.2	Mehrscheibensystem unter Eigengewicht II.....	20
1.3.3	Hebebühne unter äußerer Last	23
1.3.4	Dreidimensionales Stabwerk	25
1.3.5	Kräfte- und Momentengleichgewicht am Hebel.....	27
1.3.6	Statisch bestimmt gelagerte Platte	28
1.3.7	Hebel im mechanischen Gleichgewicht.....	31
1.3.8	Tetraeder unter externer Last.....	32
1.3.9	Allgemeine Kräftegruppe im Raum: Seiltrommel	34
1.4	Der Schwerpunkt	37
1.4.1	Grundwissen an Differenzial- und Integralrechnung.....	37
1.4.2	Berechnung der Schwerpunkte von Rotationskörpern mithilfe der 1. GULDINSchen Regel	42
1.4.3	Träger unter externen Lasten I.....	44
1.4.4	Träger unter externen Lasten II	46
1.4.5	Schwerpunkt eines asymmetrischen Trägerprofils	48

1.4.6	Berechnung der Oberfläche eines Rotationskörpers mithilfe der 2. GULDINSchen Regel.....	50
1.4.7	Lagerreaktionen am Balken unter Streckenlast.....	51
1.4.8	Tragwerk unter Dreieckslast.....	53
1.4.9	GERBER-Träger unter Punkt- und Gleichstreckenlast.....	54
1.4.10	Flächenmittelpunkt.....	56
1.4.11	Inhomogene Kreisscheibe mit Aussparung.....	58
1.4.12	Halbkreisscheibe mit rechteckiger Aussparung	60
1.5	Lager-, Trag- und Fachwerke	61
1.5.1	Stabkräfte in einem Baukran	61
1.5.2	Kräfte in einem Stabwerk	62
1.5.3	Belastetes Fachwerk	64
1.5.4	Fachwerkscheibe	67
1.5.5	Fachwerkrahmen mit an einem Seil hängender Last.....	68
1.6	Der biegesteife Träger.....	71
1.6.1	Schnittgrößen am eingespannten Träger unter Last I.....	71
1.6.2	Schnittgrößen am eingespannten Träger unter Last II	72
1.6.3	Schnittgrößen am gelenkig gelagerten Träger unter örtlich variabler Streckenlast I	75
1.6.4	Schnittgrößen am gelenkig gelagerten Träger unter örtlich variabler Streckenlast II.....	76
1.6.5	Schnittgrößen am abgeknickten Träger I	79
1.6.6	Schnittgrößen am abgeknickten Träger II	81
1.6.7	Schnittgrößen am gekrümmten Träger I.....	84
1.6.8	Balken mit Streckenlast I.....	87
1.6.9	Schnittgrößen am gekrümmten Träger II	89
1.6.10	Tragwerk mit Streckenlast I	90
1.6.11	Balken mit Streckenlast II	94
1.6.12	Tragwerk mit Streckenlast II	96
1.7	Reibungssphänomene	100
1.7.1	COULOMBSche Reibung zwischen Keil und Klotz	100
1.7.2	Reibung zwischen Leiter und Wand.....	102
1.7.3	Selbstsperrung durch Hebelwirkung	104
1.7.4	Malergerüst.....	107
1.7.5	Vertikal verschiebbare Bühne zwischen zwei Wänden.....	108
1.7.6	Waschmaschinentrommel.....	109
2	Festigkeitslehre	112

2.1 Einführung, Begriffe	112
2.1.1 Versagen von Strukturen	112
2.2 Zug- und Druckbeanspruchung	115
2.2.1 Parallelschaltung elastischer Stäbe	115
2.2.2 Verlängerung eines Drahtseils unter Eigengewicht.....	117
2.2.3 Zweifach eingespannter Stab	118
2.2.4 Thermospannungen in einem eingespannten Stab.....	119
2.2.5 Wärmespannungen in hintereinander geschalteten Stäben.....	120
2.2.6 Symmetrisch parallel geschaltete elastische Stäbe unter thermischer Last.....	122
2.2.7 Parallel geschaltete Stäbe unter thermischer Last.....	124
2.3 Schubbeanspruchung und HOOKESches Gesetz.....	126
2.3.1 Zusammenhang zwischen Elastizitäts- und Schermodul.....	126
2.4 Biegebeanspruchung des Balkens	128
2.4.1 Flächenträgheitsmoment eines sechseckigen Stabquerschnitts	128
2.4.2 Flächenträgheitsmoment eines zusammengesetzten Trägerprofils....	130
2.4.3 Spannungsnachweis eines Trägers unter schiefer Biegung	132
2.5 Schub infolge Querkraft beim Biegeträger	134
2.5.1 Spannungsnachweis für einen symmetrisch belasteten Träger mit Lamelle	134
2.5.2 Spannungsnachweis für einen Träger mit Lamelle.....	137
2.5.3 Spannungsnachweis für ein Kastenprofil	141
2.5.4 Spannungsnachweis für einen Doppel-T-Träger unter Querlast	144
2.5.5 Spannungsnachweis für eine Lasttraverse	146
2.6 Die elastische Linie des Biegeträgers (Biegelinie)	149
2.6.1 Durchbiegung des Mastes einer Windkraftanlage	149
2.6.2 Biegelinie eines beidseitig eingespannten Trägers	152
2.6.3 Durchbiegung eines abgestuften Trägers.....	156
2.7 Axiale Verdrehung/Torsion	159
2.7.1 Auslegung dreier Trägerprofile unter Torsion.....	159
2.7.2 Torsion rechteckiger Querschnitte	160
2.8 Zusammengesetzte Beanspruchung	161
2.8.1 Träger unter Biege- und Torsionsbelastung.....	161
2.8.2 Das Grundproblem des MOHRSchen Spannungskreises	163
2.8.3 Scheibe im ebenen Spannungszustand	164
2.9 Stabilitätsprobleme.....	166

2.9.1	Auslegung auf gleiche Knicksicherheit.....	166
2.9.2	Gleiche Sicherheit zweier Knickstäbe	167
2.9.3	Auslegung auf vorgegebene Knicksicherheit.....	168
2.9.4	Hintereinandergeschaltete Knickstäbe	169
2.9.5	Die exakte Lösung des 1. EULER-Falls.....	171
3	Dynamik	176
3.1	Punktförmige Masse	176
3.1.1	Ein Marschflugkörper.....	176
3.1.2	Kinematik eines Massenschwerpunkts.....	178
3.1.3	Kinematik eines Zusammenstoßes	180
3.1.4	Kinematik kombinierter Bewegungen.....	181
3.1.5	Dynamik des Schleuderballs	182
3.1.6	Dynamik der Überschlagschiffschaukel.....	185
3.1.7	Die CORIOLIS-Kraft	188
3.1.8	Dynamik des Raketenschlittens im Looping.....	190
3.1.9	Gebremste Flugbewegung im Erdschwerefeld.....	197
3.1.10	Arbeit längs der schießen Ebene	200
3.2	Die Dynamik von Massenpunktsystemen	206
3.2.1	Abbremsen eines Düsenjägers auf einem Flugzeugträger.....	206
3.2.2	Doppelter Flaschenzug vektoriell gerechnet	208
3.2.3	Fallendes Seil und fallende Kette	211
3.3	Die Dynamik des starren Körpers	214
3.3.1	Starrkörperkinematik	214
3.3.2	Starrkörperkinematik kommunizierender Walzen	216
3.3.3	Eine Hebevorrichtung.....	218
3.3.4	Eine beschwingte Schlittenfahrt	220
3.3.5	Ein Fallrad	221
3.3.6	Bewegung einer Tänzerwalze.....	222
3.3.7	Massenträgheitsmoment von Voll- und Hohlkugel.....	224
3.3.8	Die Bewegung des Rades oder die <i>Rota Aristotelis</i>	225
3.4	Schwingungen	230
3.4.1	Ein schwingfähiges Mehrkörpersystem	230
3.4.2	Das verstellbare Uhrpendel	231
3.4.3	Pendel mit Drehfeder.....	232
3.4.4	Passive Entstörung eines Messgeräts	233
3.4.5	Schwingungstilgung beim Zweimassenschwinger.....	235

3.4.6 Schwingender Starrkörper	236
4 Kontinuumsmechanik	238
4.1 Bilanzgleichungen der Masse	238
4.1.1 Beweisidee zum GAUSSchen Satz	238
4.2 Bilanzgleichungen des Impulses	239
4.2.1 Spannungstensor und Fließspannung.....	239
4.2.2 Koordinatentransformationen	240
4.2.3 Hauptspannungen.....	242
4.2.4 Fließkriterium im Hauptspannungsraum	246
4.2.5 Die MOHRSchen Kreise	248
4.2.6 EUKLIDische Transformationen	250
4.2.7 Invarianz der Bilanzgleichungen	254
4.3 Einfache Materialgleichungen	256
4.3.1 Die BERNOULLIse Höhenformel.....	256
4.3.2 Kompressible Flüssigkeiten	257
4.3.3 Kompressibilität in Festkörpern.....	259
4.4 Bilanzgleichungen des Drehimpulses.....	260
4.4.1 Eigenschaften und Anwendungen des total antimetrischen Tensors ..	260
4.4.2 Der total antimetrische Tensor und seine Anwendung beim Spatprodukt.....	261
4.4.3 Der total antimetrische Tensor und seine Anwendung beim Doppelkreuzprodukt	262
4.4.4 Eine Anwendung des antimetrischen Tensors	263
4.5 Einführung in die lineare Elastizitätstheorie	265
4.5.1 Lösung der Schwingungsgleichung für eine Gitarrensaite	265
4.5.2 Scherung eines Klotzes aus linear-elastischem Material	268
4.6 Einführung in die Hydromechanik	271
4.6.1 Ein mit Wasser gefüllter Eimer in Rotation.....	271
4.6.2 Kommunizierende Röhren	272
4.6.3 COUETTE-Strömung	273
4.6.4 HAGEN-POISEUILLE-Strömung	275
5 Energiemethoden	277
5.1 Energiebilanz	277
5.1.1 Die Wärmeleitungsgleichung	277

5.1.2 Kolben im Schwerefeld	278
5.2 Entropiebilanz und zweiter Hauptsatz.....	281
5.2.1 Entropie des idealen Gases.....	281
5.2.2 Entropieproduktion beim fallenden Kolben	282
5.3 Die Sätze von CASTIGLIANO, BETTI und MAXWELL.....	284
5.3.1 Eine Anwendung des 1. Satzes von CASTIGLIANO I.....	284
5.3.2 Eine Anwendung des 1. Satzes von CASTIGLIANO II	286
5.3.3 Anwendung der Sätze von BETTI und MAXWELL auf statisch unbestimmte Systeme.....	288
5.4 Energiefunktionale und ihre Extrema.....	292
5.4.1 Eine Anwendung der Variationsrechnung: Die Brachistochrone.....	292
5.5 Das Prinzip der virtuellen Verschiebung (PdvV).....	296
5.5.1 Berechnung von Gleichgewichtslagen mithilfe des Prinzips der virtuellen Verschiebung.....	296
5.5.2 Nürnberger Schere.....	297
5.5.3 Fachwerk	297
5.6 Das Prinzip der virtuellen Kräfte (PdvK).....	298
5.6.1 Anwendung des Prinzips der virtuellen Kraft in Fachwerken.....	298
5.6.2 Beispiel zum PdvK: Reine Normalkraftbelastung in Fachwerken....	300
5.6.3 Absenkung eines Punkts auf einem Balken auf zwei Stützen	303
5.6.4 Deformation in einem Viertelkreisbogen	304
5.6.5 Absenkung einer Kreiswelle.....	305
5.6.6 Behandlung eines einfach statisch unbestimmten Systems mithilfe des Prinzips der virtuellen Kraft.....	306
5.6.7 Zweifach statisch unbestimmter Träger unter Gleichstreckenlast....	309
5.7 Dynamische Energieprinzipie	311
5.7.1 Gedämpfte schwingende Walze	311
5.7.2 Gedämpftes Starrkörpersystem	314
Stichwort- und Namensregister	316
Hinweise zur beigefügten CD-ROM.....	321