

Technische Mechanik 2

Festigkeitslehre, Kinematik, Kinetik, Hydromechanik

Von Prof. Dipl. Ing. Dr. Hans G. Steger, Linz
Prof. Dipl. Ing. Johann Sieghart, Linz
Prof. Dipl. Ing. Erhard Glauninger, Linz

2., verbesserte und erweiterte Auflage
mit 575 Bildern und Tabellen, 248 Beispielen
und 342 Aufgaben



1993

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Hölder-Pichler-Tempsky Wien

Zur Herstellung dieses Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet, das bei der Entsorgung keine Schadstoffe entstehen läßt. Auf diese Weise leisten wir einen aktiven Beitrag zum Schutz unserer Umwelt.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Steger, Hans G.:

Technische Mechanik / von Hans G. Steger ; Johann Sieghart ; Erhard Glauninger. – Stuttgart : Teubner ; Wien : Hölder-Pichler-Tempsky.

NE: Sieghart, Johann;; Glauninger, Erhard:

2. Festigkeitslehre, Kinematik, Kinetik, Hydromechanik : mit Tabellen, 248 Beispielen und 342 Aufgaben. – 2., verb. und erw. Aufl. – 1993

ISBN 978-3-519-16731-0

ISBN 978-3-663-11602-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-11602-8

Mit Bescheid des Bundesministeriums für Unterricht und Kunst vom 18. Mai 1992 Zl. 41.326/16-1/9/92 als für den Unterrichtsgebrauch an Höheren technischen und gewerblichen Lehranstalten Fachrichtungen Maschinenbau und verwandte Fachrichtungen gemäß den. Lehrplänen 1989, Fachrichtungen Maschinenbau – Automatisierungstechnik und -Fertigungstechnik und gemäß dem Lehrplan 1991 Fachrichtung Maschinenbau – allgemeiner Maschinenbau für den III. bis V. Jahrgang im Unterrichtsgegenstand Mechanik geeignet erklärt.

Schulbuch-Nr. 0660

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1993

Ursprünglich erschienen bei B.G. Teubner Stuttgart 1993

Gesamtherstellung: Passavia Druckerei GmbH Passau

Umschlaggestaltung: Peter Pfitz, Stuttgart

Vorwort

Dieser Teil der Technischen Mechanik vertieft die Festigkeitslehre und behandelt die Kinetik, Kinematik sowie Hydromechanik. Wie im Teil 1 haben wir den Lernstoff schrittweise vom Einfachen zum Schwierigen dargestellt und durch zahlreiche Beispiele aus der Praxis ergänzt. Wenn die grafische Lösung leichter und schneller als die analytische erscheint, haben wir beide Lösungswege zu den Beispielen angegeben.

Den neuen Lehrplänen gemäß haben wir die 2. Auflage um den Abschnitt 2.4 (Grafische Behandlung kinematischer Größen) erweitert.

Wichtig zur Stofffestigung und Übung sind die Aufgaben, die nach Möglichkeit aus der Praxis entnommen wurden. Die Lösungen im Anhang dienen zur Selbstkontrolle.

Wieder dürfen wir Herrn AV Dipl. Ing. Junker für die Durchsicht des Manuskripts und die Anregungen danken. Dank auch unserem Schüler J. Schnabler für seine Mithilfe. Unseren Kollegen und Schülern sind wir ebenso wie der Verlag dankbar für Hinweise und Kritiken zur Weiterentwicklung des Buches.

Linz, Herbst 1992

Hans G. Steger
Johann Sieghart
Erhard Glauningner

Inhaltsverzeichnis

		Seite	
1 Festigkeitslehre	1.1	Zug- und Druckbeanspruchung	9
	1.1.1	Einfache Zug- und Druckbeanspruchung	9
	1.1.2	Hookesches Gesetz und Formänderungsarbeit	10
	1.1.3	Zugbeanspruchung mit Berücksichtigung der Eigenlast	15
	1.1.4	Längenänderungen und Verschiebungen	17
	1.1.5	Körper gleicher Zug- und Druckbeanspruchung	23
	1.1.6	Zugbeanspruchung durch Fliehkraftwirkung	24
	1.1.7	Zug- und Druckbeanspruchung in dünnwandigen Rohren	26
	1.1.8	Zug- und Druckbeanspruchung bei geschlossenen Hohlkörpern	27
	1.2	Wärmespannungen	30
		Aufgaben zu Abschnitt 1.1 und 1.2	34
	1.3	Biegebeanspruchung	37
	1.3.1	Reine Biegung, Querkraft- und Längskraftbiegung	38
	1.3.2	Flächenmomente	41
	1.3.3	Widerstandsmoment	45
	1.3.4	Translation des Koordinatensystems (Steinerscher Satz)	49
	1.3.5	Trägheits- und Widerstandsmomente zusammengesetzter Flächen	51
	1.3.6	Einachsige (gerade) Biegung	55
	1.3.7	Träger gleicher Biegespannung	62
	1.3.8	Biegelinie (elastische Linie)	65
	1.3.9	Zweiachsige Biegung (schiefe oder Doppelbiegung)	70
		Aufgaben zu Abschnitt 1.3	74
	1.4	Schubbeanspruchung	78
	1.4.1	Schubspannung durch Biegung	78
	1.4.2	Verteilung der Schubspannungen	80
	1.4.3	Hookesches Gesetz für Schubspannungen, Formänderungsarbeit von Schubspannungen	85
	1.4.4	Zusammenhang zwischen den Werkstoffkonstanten E und G	86
	1.4.5	Schubfluß und Schubmittelpunkt	86
		Aufgaben zu Abschnitt 1.4	92
	1.5	Verdrehbeanspruchung (Torsion)	93
	1.5.1	Torsion gerader Stäbe mit gleichbleibendem kreisförmigen Querschnitt	93
	1.5.2	Torsion von Stäben mit Kreisringquerschnitt	98
1.5.3	Geschlossene dünnwandige Hohlquerschnitte, Bredtsche Formeln	99	
1.5.4	Torsion rechteckiger Vollquerschnitte	102	
1.5.5	Torsion dünnwandiger offener Querschnitte	106	

		Seite	
1 Festigkeitslehre Fortsetzung	1.5.6	Federn	107
		Aufgaben zu Abschnitt 1.5	112
	1.6	Zusammengesetzte Beanspruchung	113
	1.6.1	Überlagerung gleichartiger Spannungen	114
	1.6.1.1	Überlagerung von Normalspannungen	114
	1.6.1.2	Überlagerung von Schubspannungen	119
	1.6.2	Überlagerung ungleichartiger Spannungen	122
	1.6.3	Anstrengungs-, Festigkeits- und Bruchhypothesen	123
	1.6.3.1	Hypothese der größten Normalspannung	123
	1.6.3.2	Hypothese der größten Schubspannung	125
	1.6.3.3	Hypothese der größten Gestaltänderungsenergie	126
	1.6.3.4	Vergleich der drei Hypothesen	128
	1.6.3.5	Anstrengungsverhältnis nach Bach	130
		Aufgaben zu Abschnitt 1.6	133
	1.7	Mohrscher Spannungskreis	135
	1.7.1	Einachsiger (linearer) Spannungszustand	137
	1.7.2	Zweiachsiger (ebener) Spannungszustand	142
	1.7.3	Dreiachsiger (räumlicher) Spannungszustand	156
		Aufgaben zu Abschnitt 1.7	157
	1.8	Knickung	158
1.8.1	Grundbegriffe und Belastungsfälle	158	
1.8.2	Elastische Knickung (Euler)	159	
1.8.3	Unelastische Knickung (Tetmajer)	161	
1.8.4	Omegaverfahren (ω -Verfahren)	166	
	Aufgaben zu Abschnitt 1.8	169	
<hr/>			
2 Kinematik	2.1	Relativität, Arten, Formen und Größen der Bewegung, Superpositionsgesetz	170
	2.2	Kinematik des Punktes	173
	2.2.1	Freiheitsgrade eines Punktes im Raum	173
	2.2.2	Eindimensionale Kinematik (geradlinige Bewegung) eines Punktes	174
		Aufgaben zu Abschnitt 2.2.2	179
	2.2.3	Zweidimensionale (ebene) Bewegung eines Punktes im rechtwinkligen Koordinatensystem	180
	2.2.4	Ebene Kinematik eines Punktes im Polarkoordinatensystem	185
	2.2.5	Bewegung auf kreisförmiger Bahn	188
		Aufgaben zu Abschnitt 2.2.3 bis 2.2.5	191
	2.3	Ebene Kinematik des starren Körpers	193
	2.3.1	Momentan- oder Geschwindigkeitspol	194
	2.3.2	Geschwindigkeitssatz von Euler	197
	2.3.3	Beschleunigungssatz von Euler	199
	2.3.4	Beschleunigungspol	201
	2.3.5	Kinematik der Relativbewegung	203
	Aufgaben zu Abschnitt 2.3	204	

		Seite	
2 Kinematik, Fortsetzung	2.4	Grafische Behandlung kinematischer Größen	206
	2.4.1	Grundlagen	206
	2.4.2	Bewegungsarten	208
	2.4.3	Bahnarten	209
	2.4.4	Bahngeschwindigkeit	211
	2.4.5	Bahnbeschleunigung	214
		Aufgaben zu Abschnitt 2.4	220
3 Kinetik	3.1	Grundgesetz der Dynamik, Prinzip von d'Alembert	222
	3.2	Drehung um eine ortsfeste Achse	228
	3.2.1	Grundgesetz für die Drehbewegung	228
	3.2.2	Massenträgheitsmoment	229
	3.2.3	Reduzierte Masse, Trägheitsradius, reduziertes Massenträgheitsmoment, reduziertes Drehmoment	238
		Aufgaben zu Abschnitt 3.1 und 3.2	242
	3.3	Arbeit, Energie, Leistung	244
	3.3.1	Arbeit	244
	3.3.2	Potentielle und kinetische Energie	250
	3.3.3	Arbeits- und Energie(erhaltungs)satz	252
	3.3.4	Leistung und Wirkungsgrad	257
		Aufgaben zu Abschnitt 3.3	258
	3.4	Impuls (Bewegungsgröße) und Impulssatz	259
	3.5	Drall (Impulsmoment) und Drallsatz	261
		Aufgaben zu Abschnitt 3.4 und 3.5	265
	3.6	Stoß	266
	3.6.1	Grundbegriffe	266
	3.6.2	Gerader zentraler Stoß	267
	3.6.2.1	Grundgleichungen	268
	3.6.2.2	Elastischer Stoß ($k = 1$)	269
	3.6.2.3	Plastischer Stoß ($k = 0$)	271
3.6.2.4	Wirklicher Stoß	273	
3.6.3	Schiefer zentraler Stoß	276	
3.6.4	Gerader exzentrischer Stoß	279	
3.6.5	Schiefer exzentrischer Stoß	282	
	Aufgaben zu Abschnitt 3.6	283	
4 Hydromechanik (Mechanik der Flüssigkeiten)	4.1	Definition und Eigenschaften einer Flüssigkeit	286
	4.1.1	Dichte, spezifisches Volumen einer Flüssigkeit	286
	4.1.2	Kompressibilität einer Flüssigkeit	289
	4.1.3	Oberflächenspannung und Kapillarität	291
	4.1.4	Viskosität (innere Reibung)	294
		Aufgaben zu Abschnitt 4.1	298
	4.2	Statik der Flüssigkeiten (Hydrostatik)	299
	4.2.1	Hydrostatischer Druck, Schweredruck, Druckfortpflanzungsgesetz	299
	4.2.2	Hydrostatische Kräfte gegen Wandungen	302
		Aufgaben zu Abschnitt 4.2	311

		Seite
4 Hydromechanik,	4.3	Auftrieb und Stabilität von Körpern in Flüssigkeiten 314
Fortsetzung	4.3.1	Auftrieb 314
	4.3.2	Stabilität 315
	4.4	Translation und Rotation von Flüssigkeiten 317
		Aufgaben zu Abschnitt 4.3 und 4.4 319
	4.5	Dynamik der Flüssigkeiten (Hydrodynamik) 321
	4.5.1	Grundbegriffe 321
	4.5.2	Kontinuitätsgleichung 322
	4.5.3	Gleichung von Bernoulli für stationäre Strömung 322
	4.5.4	Anwendung der Gleichung von Bernoulli 324
	4.5.5	Gleichung von Bernoulli für stationäre Strömung unter Berücksichtigung von zu- oder abgeführter Arbeit 329
	4.5.6	Ähnlichkeitsgesetz von Reynolds 330
	4.5.7	Laminare und turbulente Strömung 333
	4.5.8	Ermitteln der Rohrreibungzahl für kreisrunde Querschnitte 335
	4.5.9	Berücksichtigung der Widerstandsbeiwerte für Rohrleitungseinbauten 339
	4.5.10	Ermitteln der Rohrreibungzahl für nicht kreisrunde Querschnitte 346
	4.5.11	Kraftwirkung strömender inkompressibler Flüssigkeiten 347
		Aufgaben zu Abschnitt 4.5 353
<hr/>		
Anhang		Lösungen zu den Aufgaben 355
		Formelzeichen 363
		Bildquellenverzeichnis 365
<hr/>		
Sachwortverzeichnis		366