



Wilhelm Kulisch

Technische Mechanik

**für
dummies®**

3. Auflage

Fachkorrektur von
Bernhard Gerl und
Carsten Heinisch

WILEY

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Auf einen Blick

Über den Autor	7
Einführung	19
Teil I: Grundlagen	23
Kapitel 1: Technische Mechanik: Die Grundlagen	25
Kapitel 2: Ganz ohne Mathematik geht es nicht	37
Kapitel 3: Alles ist in Bewegung: Die Kinematik	55
Teil II: Fest und unverrückbar: Die Statik	77
Kapitel 4: Mit frischen Kräften	79
Kapitel 5: Immer in Ruhe bleiben: Schwerpunkt und Gleichgewicht	107
Kapitel 6: Statik angewandt: Lager, Balken und Fachwerke	137
Kapitel 7: Sich aneinander reiben	167
Teil III: Endlich etwas Bewegung: Die Dynamik	191
Kapitel 8: Klein, aber dynamisch: Die Dynamik der Massepunkte	193
Kapitel 9: Einerseits starr, andererseits beweglich: Die Dynamik starrer Körper	219
Kapitel 10: Alles schwingt und rotiert: Einführung in die Maschinendynamik	249
Teil IV: Festigkeitslehre und Kontinuumsmechanik	279
Kapitel 11: Ziehen, drücken oder biegen: Die Grundbegriffe	281
Kapitel 12: Wieder in Form kommen: Elastische Verformung	305
Kapitel 13: Die Form ändern: Plastische Verformung	331
Kapitel 14: Marmor, Stein und Eisen bricht: Bruchmechanik und andere Versagens- mechanismen	347
Teil V: Der Top-Ten-Teil	369
Kapitel 15: Zehn wichtige Anwendungen der Technischen Mechanik	371
Kapitel 16: Zehn wichtige Internetadressen	375
Stichwortverzeichnis	379

Inhaltsverzeichnis

Über die Autoren	9
Einführung	21
Über dieses Buch	21
Konventionen in diesem Buch	21
Was Sie nicht lesen müssen	22
Törichte Annahmen über die Leser	22
Wie dieses Buch aufgebaut ist	22
Teil I: Grundlagen	22
Teil II: Statik	22
Teil III: Endlich etwas Bewegung: Die Dynamik	23
Teil IV: Unter Druck gesetzt: Festigkeitslehre	23
Teil V: Der Top-Ten-Teil	23
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	23
Wie es weitergeht	24
 TEIL I	
GRUNDLAGEN	25
 Kapitel 1	
Technische Mechanik: Die Grundlagen	27
Technische Mechanik: Eine eigenständige Wissenschaft	27
Eine Wissenschaft, viele Themen	28
Eine Wissenschaft, viele Anwendungen	30
Teil I: Mathematische und physikalische Grundlagen	30
Alles über Winkel und Richtungen	30
Alles über Bewegungen	31
Teil II: Fest und unverrückbar: Die Statik	31
Mit frischen Kräften	32
Immer in Ruhe bleiben: Schwerpunkt und Gleichgewicht	32
Statik angewandt: Lager, Balken und Fachwerke	32
Sich aneinander reiben	33
Teil III: Endlich etwas Bewegung: Dynamik	33
Klein, aber beweglich: Die Dynamik von Massepunkten	33
Einerseits starr, andererseits beweglich: Die Dynamik starrer Körper	34
Alles schwingt und rotiert: Die Maschinendynamik	34
Teil IV: Unter Druck gesetzt: Festigkeitslehre	34
Ziehen, drücken oder biegen: Die Grundbegriffe	35
Wieder in Form kommen: Elastische Verformung	35
Die Form ändern: Plastische Verformung	36

Marmor, Stein und Eisen bricht: Bruchmechanik und andere Versagens- mechanismen	36
Teil V: Top-Ten-Teil	37

Kapitel 2

Ganz ohne Mathematik geht es nicht 39

Auf die Richtung kommt es an: Vektorrechnung.....	40
Wozu braucht man Vektoren?	40
Was ist eigentlich ein Vektor?	41
Pfeile oder Zahlen: Die Darstellung von Vektoren	41
Addition und Subtraktion von Vektoren	43
Drei Mal Multiplizieren.....	44
Auf den Winkel kommt es an: Trigonometrie	50
Mein Hut, der hat drei Ecken	50
Sie sind oft nützlich: Sinus- und Kosinussatz	51
Rechte Winkel	52
Aufgaben	55

Kapitel 3

Alles ist in Bewegung: Die Kinematik..... 57

Bewegung pur: Kinematik.....	58
Geradeaus: Gradlinige Translationsbewegungen.....	59
Eine konstante Beschleunigung nach unten: Der freie Fall	61
Eins nach dem anderen: Überlagerung von Geschwindigkeiten	63
Immer dasselbe: Energie- und Impulserhaltungssatz	68
Beispiel: Stöße.....	69
Kreisverkehr: Kreisbewegungen	71
Karussell fahren: Die Winkelgeschwindigkeit	72
Nicht aus der Bahn geraten: Die Zentripetalbeschleunigung	74
Immer schneller werden: Die Winkelbeschleunigung	75
Aufgaben	76

TEIL II

FEST UND UNVERRÜCKBAR: DIE STATIK 79

Kapitel 4

Mit frischen Kräften..... 81

Ein starkes Team: Kraft und Drehmoment.....	81
Auf die Kraft kommt es an.	82
Die Kraft auf den Punkt bringen: Das Drehmoment	84
Mit Kraft arbeiten	87
Die Linie entlang	88
Addition von Kräften	88
In die Bestandteile zerlegen	90
Von allen Seiten: Kräftesysteme.....	92
Übersicht über Kräftesysteme	92

Zentrale ebene Kräftesysteme	93
Allgemeine ebene Kräftesysteme	95
Räumliche Kräftesysteme	99
Kräfte freimachen	101
Aufgaben	106

Kapitel 5

Immer in Ruhe bleiben: Schwerpunkt und Gleichgewicht 109

Der Momentensatz	110
Man muss Schwerpunkte setzen	110
Eine ganze Reihe von Schwerpunkten: Begriffsbestimmungen	111
Den Schwerpunkt bestimmen	112
Den Schwerpunkt berechnen	113
Flächenschwerpunkt	115
Auch Linien besitzen einen Schwerpunkt	122
Die Freiheit, sich zu bewegen: Freiheitsgrade	124
Gleichgewicht und Standsicherheit	126
Gleichgewicht	126
Arten des Gleichgewichts	131
Fest auf den Füßen stehen: Standsicherheit	132
Aufgaben	136

Kapitel 6

Statik angewandt: Lager, Balken und Fachwerke 139

Die Verbindung mit der Außenwelt: Lager und Gelenke	139
Lagerkräfte	140
Auf die Wertigkeit kommt es an: Lagerarten	142
Gelenke	146
Balken	147
Äußere und innere Kräfte	147
Frei oder bestimmt: Die statische Bestimmtheit von Balken	148
Altehrwürdig und doch modern: Fachwerke	151
Nichts als Stäbe und Knoten: Wichtige Begriffe	151
Bestimmt oder unbestimmt?	153
Ermittlung der Stabkräfte	156
Aufgaben	167

Kapitel 7

Sich aneinander reiben 169

Und sie bewegt sich doch	170
Haften, Gleiten, Rollen: Arten der Reibung	170
Es kommt nur auf die Reibungskoeffizienten an	171
Räder müssen rollen: Die Rollreibung	179
Reibung: Hinderlich und nützlich zugleich	181
Reibung ist überall: Das Fahrrad	182
Reibung in Lagern	183

In die Höhe steigen: Die Leiter	185
Seilreibung	187
Voll in die Eisen steigen: Bremsen	190
Aufgaben	192

TEIL III

ENDLICH ETWAS BEWEGUNG: DIE DYNAMIK 193

Kapitel 8

Klein, aber dynamisch: Die Dynamik der Massepunkte 195

Noch einmal: Kräfte	196
Newton	196
Träge und schwer: Die Masse	200
Rund ums Zentrum: Kreisbewegungen	203
Auch Kräfte können träge sein: Das Prinzip von d'Alembert.	204
Im Schweiß des Angesichts: Die Arbeit	207
Arbeit gleich Kraft mal Weg	207
Viele Kräfte, viel Arbeit	208
Nobody is perfect: Der Wirkungsgrad	211
Energie ist überall und geht nicht verloren	212
Es gibt mehr als eine Art der Energie	213
Stets konstant, aber nicht das Gleiche	214
Was für eine Leistung!	215
Leistung gleich Arbeit pro Zeit	216
Was lange wirkt, wirkt endlich gut	219
Vergleich Translation – Kreisbewegung	219
Aufgaben	220

Kapitel 9

Einerseits starr, andererseits beweglich:

Die Dynamik starrer Körper 221

Ein wichtiges Gesetz: Der Schwerpunktsatz	221
Der Schwerpunkt bestimmt, wo es lang geht	222
Das 2. Newton'sche Gesetz für starre Körper	222
Drehbewegungen starrer Körper	223
Alle Punkte im Gleichschritt: Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung	224
Auf den Punkt gebracht: Das Drehmoment	225
Trägheit in unterschiedlichen Formen: Das Trägheitsmoment	226
Jeder Punkt zählt einzeln	226
Steiner'scher Satz	233
Zwei wichtige Größen: Rotationsenergie und Drehimpuls	235
Rotationsenergie	235
Pirouetten drehen: Drehimpuls und Drehimpulserhaltungssatz.	239
Voll getroffen: Stöße	241
Wumms! Es hat gekracht	241

Voll ins Zentrum: Der gerade, zentrale, elastische Stoß	243
Nicht ganz einfach: Schiefe Stöße	245
Vergleich von Translation und Rotation	247
Aufgaben	248

Kapitel 10

Alles schwingt und rotiert: Einführung in

die Maschinendynamik.....251

Harmonische Schwingungen	252
Hin und her, auf und ab: Beispiele von Schwingungen	252
Viele Schwingungen, eine Beschreibung	255
Ziemlich verdreht: Das Torsionspendel	261
Alle harmonischen Schwingungen weisen Gemeinsamkeiten auf.	262
Dämpfung und erzwungene Schwingungen	263
Alles hat einmal ein Ende: Gedämpfte Schwingungen.	263
Das ist der Rhythmus, wo jeder mit muss: Erzwungene Schwingungen.	265
Das kann in einer Katastrophe enden: Resonanz	266
Schwingungssysteme.	267
Parallel- und Reihenschaltungen von Federn	267
Gekoppelte Pendel	270
Gekoppelte Schwingungssysteme	273
Auch Stäbe können schwingen.	275
Aufgaben	279

TEIL IV

FESTIGKEITSLEHRE UND KONTINUUMSMECHANIK.....281

Kapitel 11

Ziehen, drücken oder biegen: Die Grundbegriffe283

Den Belastungen nachgeben	284
Spannung pur	284
Auf die inneren Kräfte kommt es an	285
Körper freischneiden: Das Schnittverfahren	285
Ziehen, Drücken und Schieben.	286
Ein jeder muss seine Last tragen	287
Die Ohren lang ziehen: Zugbeanspruchung	288
Dem Druck nachgeben: Druckbeanspruchung	289
Schubbeanspruchung	290
Auf Biegen und Brechen: Biegebeanspruchung	291
Torsionsbeanspruchung	293
Belastungen werden Realität	294
Gemischte Belastungen	294
Körper voller Spannungen	297
Spannungszustand	298
Spannungstensor	299
Mohr'scher Spannungskreis	300

Den Stab brechen: Die Spannungs-Dehnungs-Kurve.	301
Aufgaben	303

Kapitel 12

Wieder in Form kommen: Elastische Verformung 307

Am Haken hängen: Das Hooke'sche Gesetz.	308
Elastizität beschreiben: Die elastischen Konstanten	309
In die Länge gezogen: Der Elastizitätsmodul	310
Dem Druck standhalten: Der Kompressionsmodul	311
Ziemlich verdreht: Der Schubmodul (Torsionsmodul)	313
Längs und quer: Die Poisson-Zahl	314
Nur zwei von vieren zählen: Beziehungen zwischen den elastischen Konstanten	317
Elastische Energie	318
Vollkommen elastisch	321
Bis ans Limit.	321
Im Bereich des Hooke'schen Gesetzes	322
Man kann selbst Stahl in die Länge ziehen.	322
Auf dass sich die Balken biegen	323
Der beidseitig gelagerte Balken und die Biegelinie.	327
Ans Herz gedrückt: Die Hertz'sche Pressung	328
Aufgaben	331

Kapitel 13

Die Form ändern: Plastische Verformung 333

Spannungs-Dehnungs-Diagramme	334
Begriffe zur Beschreibung der plastischen Deformation.	334
Nominelle und wahre Spannungen.	337
Atome verschieben sich: Die Mechanismen der plastischen Verformung	339
Verfestigungsmechanismen	341
Nachwirkungen.	342
Nicht zu stoppen: Das Kriechen	342
Schließlich doch relaxt.	344
Hart wie Marmelade.	344
Härteskalen	345
Aufgaben	347

Kapitel 14

Marmor, Stein und Eisen bricht: Bruchmechanik und andere Versagensmechanismen 349

Spröder Bruch.	351
Ein Riss reicht aus: Das Griffith-Modell	351
Widerstand gegen spröden Bruch: Die Zähigkeit	353
Bruchzähigkeit.	355
Duktiler Bruch: Versagen durch dauerhafte Verformung	358
Irgendwann wird es zu viel: Der Ermüdungsbruch.	360

Einfach umgeknickt	362
Auch Oberflächen können versagen: Der Verschleiß	364
Mit der Zeit abgenutzt	365
Es kommt auf das Gesamtsystem an: Tribologische Systeme	365
Angriff von außen: Arten des Verschleißes	366
Verschleiß quantitativ	367
Aufgaben	370

TEIL V

DER TOP-TEN-TEIL..... 371

Kapitel 15

Zehn wichtige Anwendungen der Technischen Mechanik..... 373

Bauingenieurwesen	373
Baustatik	373
Maschinenbau	374
Maschinenbau	374
Maschinendynamik	374
Apparatebau	374
Materialwissenschaften und Werkstoffkunde	374
Werkstoffkunde	375
Materialwissenschaften	375
Weitere Bereiche	375
Anlagenbau	375
Feinmechanik	376
Mechatronik	376
Luft- und Raumfahrttechnik	376

Kapitel 16

Zehn wichtige Internetadressen 377

Vektorrechnung	377
Die gesamte Statik und die Festigkeitslehre in einem Link	377
Statik lernen	378
Baustatik aus Kassel	378
Technische Mechanik interaktiv	379
Reibung von allen Seiten	379
Interaktive Dynamik	379
Hier schwingt alles	379
Alles über die Mechanik	380
Das Neueste aus der Physik	380

Anhang

Lösungen der Aufgaben 381

Kapitel 2	381
Kapitel 3	383
Kapitel 4	386

Kapitel 5	390
Kapitel 6	394
Kapitel 7	398
Kapitel 8	401
Kapitel 9	404
Kapitel 10	408
Kapitel 11	411
Kapitel 12	414
Kapitel 13	416
Kapitel 14	417

Stichwortverzeichnis	421
-----------------------------------	------------