



**Wilhelm Kulisch**

# **Technische Mechanik**

**dummies<sup>®</sup>**

**3. Auflage**

Fachkorrektur von  
**Bernhard Gerl** und  
**Carsten Heinisch**

**WILEY**

**WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA**

# Auf einen Blick

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>Über die Autoren .....</b>	<b>9</b>
<b>Einführung .....</b>	<b>21</b>
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
<b>TEIL I</b> <b>GRUNDLAGEN .....</b>	<b>25</b>
<b>Kapitel 1</b> <b>Technische Mechanik: Die Grundlagen .....</b>	<b>27</b>
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

## 14 Inhaltsverzeichnis

Marmor, Stein und Eisen bricht: Bruchmechanik und andere Versagensmechanismen .....	36
Teil V: Top-Ten-Teil .....	37
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Ganz ohne Mathematik geht es nicht .....</b>	<b>39</b>
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
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Alles ist in Bewegung: Die Kinematik .....</b>	<b>57</b>
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
<b>TEIL II</b>	
<b>FEST UND UNVERRÜCKBAR: DIE STATIK .....</b>	<b>79</b>
<b>Kapitel 4</b>	
<b>Mit frischen Kräften .....</b>	<b>81</b>
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
<b>Kapitel 5</b>	
<b>Immer in Ruhe bleiben: Schwerpunkt und Gleichgewicht .....</b>	<b>109</b>
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
<b>Kapitel 6</b>	
<b>Statik angewandt: Lager, Balken und Fachwerke .....</b>	<b>139</b>
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
<b>Kapitel 7</b>	
<b>Sich aneinander reiben .....</b>	<b>169</b>
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
<b>TEIL III</b>	
<b>ENDLICH ETWAS BEWEGUNG: DIE DYNAMIK .....</b>	<b>193</b>
<b>Kapitel 8</b>	
<b>Klein, aber dynamisch: Die Dynamik der Massepunkte .....</b>	<b>195</b>
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 Schweiße deines 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
<b>Kapitel 9</b>	
<b>Einerseits starr, andererseits beweglich:</b>	
<b>Die Dynamik starrer Körper .....</b>	<b>221</b>
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 Grundbegriffe .....

283

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

## 18 Inhaltsverzeichnis

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
<b>TEIL V</b>	
<b>DER TOP-TEN-TEIL .....</b>	<b>371</b>
<b>Kapitel 15</b>	
<b>Zehn wichtige Anwendungen der Technischen Mechanik .....</b>	<b>373</b>
Bauingenieurswesen .....	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
<b>Kapitel 16</b>	
<b>Zehn wichtige Internetadressen .....</b>	<b>377</b>
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
<b>Anhang</b>	
<b>Lösungen der Aufgaben .....</b>	<b>381</b>
Kapitel 2 .....	381
Kapitel 3 .....	383
Kapitel 4 .....	386

## 20 Inhaltsverzeichnis

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
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>421</b>