



Russell C. Hibbeler

# Technische Mechanik 3 Dynamik

12., aktualisierte Auflage

**Technische Mechanik 3**  
**Dynamik**  
**12., aktualisierte Auflage**

# Technische Mechanik 3 Dynamik

## Inhaltsverzeichnis

Technische Mechanik 3 Dynamik

Impressum

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 9

Kapitel 1 - Kinematik eines Massenpunktes 15

1.1 Einführung 17

1.2 Geradlinige Bewegung 18

1.3 Geradlinige, bereichsweise definierte Bewegung 28

1.4 Allgemeine räumliche Bewegung 36

1.5 Auswertung in kartesischen Koordinaten 38

1.6 Schiefer Wurf 44

1.7 Auswertung in natürlichen Koordinaten 49

1.8 Auswertung in Zylinderkoordinaten 57

1.9 Abhängige Bewegung zweier Massenpunkte 66

1.10 Relativbewegung in translatorisch bewegten Bezugssystemen 72

Kapitel 2 - Kinetik eines Massenpunktes: Bewegungsgleichung 119

2.1 Newtonsche Gesetze der Bewegung 121

2.2 Newtonsches Grundgesetz 124

2.3 Prinzip von d'Alembert 128

2.4 Massenpunktsystem 129

2.5 Auswertung in kartesischen Koordinaten 131

2.6 Auswertung in natürlichen Koordinaten 143

2.7 Auswertung in Zylinderkoordinaten 150

Kapitel 3 - Kinetik eines Massenpunktes: Arbeit und Energie 193

3.1 Arbeit einer Kraft 195

3.2 Arbeitssatz 200



# Inhaltsverzeichnis

3.3 Arbeitssatz für ein Massenpunktsystem 202

3.4 Leistung und Wirkungsgrad 210

3.5 Konservative Kräfte und potenzielle Energie 215

3.6 Energieerhaltung 218

3.7 Methode Energieintegral 224

Kapitel 4 - Kinetik eines Massenpunktes: Impuls und Drehimpuls 247

4.1 Impulssatz 249

4.2 Impulssatz für ein Massenpunktsystem 256

4.3 Impulserhaltung für ein System aus Massenpunkten 257

4.4 Stoßvorgänge 266

4.5 Drehimpuls 275

4.6 Drehimpulssatz 275

4.7 Drallsatz für Massenpunktsysteme 285

4.9 Massenzu- und abfuhr 292

Wiederholung 1: Kinematik und Kinetik eines Massenpunktes 329

Kapitel 5 - Ebene Kinematik eines starren Körpers 345

5.1 Bewegung eines starren Körpers 347

5.2 Translationsbewegung 348

5.3 Rotation um eine feste Achse 349

5.4 Kinematische Zusammenhänge bei der ebenen Bewegung eines Systems mit  
einem Freiheitsgrad 357

5.5 Allgemein ebene Bewegung Geschwindigkeit 361

5.6 Momentanpol 370

5.7 Allgemein ebene Bewegung Beschleunigung 377

5.8 Relativbewegung in rotierenden Bezugssystemen 387

Kapitel 6 - Ebene Kinetik eines starren Körpers: Bewegungsgleichungen 435

6.1 Massenträgheitsmoment 437

6.2 Bewegungsgleichungen 445

6.3 Reine Translation 451

6.4 Rotation um eine feste Achse 458

6.5 Allgemein ebene Bewegung 467

# Inhaltsverzeichnis

Kapitel 7 - Ebene Kinetik eines starren Körpers: Arbeit und Energie 505

    7.1 Kinetische Energie 507

    7.2 Arbeit einer Kraft 511

    7.3 Arbeit eines Kräftepaars 513

    7.4 Arbeitssatz 515

    7.5 Energieerhaltungssatz 522

Kapitel 8 - Ebene Kinetik eines starren Körpers: Impuls und Drehimpuls 543

    8.1 Impuls und Drehimpuls 545

    8.2 Impuls- und Drallsatz 551

    8.3 Impuls- und Drehimpulserhaltung 559

    8.4 Exzentrischer Stoß 564

Wiederholung 2: Ebene Kinematik und Kinetik eines starren Körpers

585

Kapitel 9 - Räumliche Kinematik eines starren Körpers 601

    9.1 Drehung um einen raumfesten Punkt 603

    9.2 Zeitableitungen in ruhenden und in bewegten Bezugssystemen 610

    9.3 Allgemein räumliche Bewegung 615

    9.4 Relativbewegung in allgemein bewegten Bezugssystemen 618

Kapitel 10 - Räumliche Kinetik eines starren Körpers 641

    10.1 Massenträgheitsmomente 643

    10.2 Drehimpuls 649

    10.3 Kinetische Energie 652

    10.4 Bewegungsgleichungen 657

    10.5 Kreiselbewegung 674

Kapitel 11 - Analytische Prinzipien 709

    11.1 Virtuelle Verrückungen, virtuelle Geschwindigkeiten 711

    11.2 Prinzip von d'Alembert in Lagrangescher Fassung 718

    11.3 Lagrangesche Gleichungen 1. Art 728

    11.4 Lagrangesche Gleichungen 2. Art 733

Kapitel 12 - Schwingungen 765

# Inhaltsverzeichnis

- 12.1 Swinger mit einem Freiheitsgrad: Erscheinungsformen 767
- 12.2 Freie ungedämpfte Schwingungen eines 1-Freiheitsgrad-Systems 774
- 12.4 Freie gedämpfte Schwingungen eines 1-Freiheitsgrad-Systems 786
- 12.5 Erzwungene Schwingungen eines ungedämpften 1-Freiheitsgrad-Systems 790
- 12.6 Erzwungene Schwingungen eines gedämpften 1-Freiheitsgrad-Systems 796
- 12.7 Frequenzgangrechnung 803
- 12.9 Schwingungen eines Systems mit mehreren Freiheitsgraden 808

Wiederholung 3: Kreiseldynamik, Analytische Prinzipien,  
Schwingungslehre 839

Anhang A - Mathematische Ausdrücke 849

Anhang B - Vektorrechnung 853

- B.1 Darstellung von Vektoren 854
- B.2 Produkte von Vektoren 855
- B.3 Differenziation und Integration von Vektorfunktionen 857

Anhang C - Lösungen ausgewählter Aufgaben 859

Literatur 897

Register 899

Einleitung

Kapitel 1 - Kinematik eines Massenpunktes

- 1.1 Einführung
- 1.2 Geradlinige Bewegung
- 1.3 Geradlinige, bereichsweise definierte Bewegung
- 1.4 Allgemeine räumliche Bewegung
- 1.5 Auswertung in kartesischen Koordinaten
- 1.6 Schiefer Wurf
- 1.7 Auswertung in natürlichen Koordinaten
- 1.8 Auswertung in Zylinderkoordinaten
- 1.9 Abhängige Bewegung zweier Massenpunkte
- 1.10 Relativbewegung in translatorisch bewegten Bezugssystemen

# Inhaltsverzeichnis

## Kapitel 2 - Kinetik eines Massenpunktes: Bewegungsgleichung

- 2.1 Newtonsche Gesetze der Bewegung
- 2.2 Newtonsches Grundgesetz
- 2.3 Prinzip von d'Alembert
- 2.4 Massenpunktsystem
- 2.5 Auswertung in kartesischen Koordinaten
- 2.6 Auswertung in natürlichen Koordinaten
- 2.7 Auswertung in Zylinderkoordinaten
- \*2.8 Zentralkräfte und Himmelsmechanik

## Kapitel 3 - Kinetik eines Massenpunktes: Arbeit und Energie

- 3.1 Arbeit einer Kraft
- 3.2 Arbeitssatz
- 3.3 Arbeitssatz für ein Massenpunktsystem
- 3.4 Leistung und Wirkungsgrad
- 3.5 Konservative Kräfte und potenzielle Energie
- 3.6 Energieerhaltung
- 3.7 Methode Energieintegral

## Kapitel 4 - Kinetik eines Massenpunktes: Impuls und Drehimpuls

- 4.1 Impulssatz
- 4.2 Impulssatz für ein Massenpunktsystem
- 4.3 Impulserhaltung für ein System aus Massenpunkten
- 4.4 Stoßvorgänge
- 4.5 Drehimpuls
- 4.6 Drehimpulssatz
- 4.7 Drallsatz für Massenpunktsysteme
- \*4.8 Stationäre (eindimensionale) Strömungen
- 4.9 Massenzu- und abfuhr

# Inhaltsverzeichnis

Wiederholung 1: Kinematik und Kinetik eines Massenpunktes

Kapitel 5 - Ebene Kinematik eines starren Körpers

5.1 Bewegung eines starren Körpers

5.2 Translationsbewegung

5.3 Rotation um eine feste Achse

5.4 Kinematische Zusammenhänge bei der ebenen Bewegung eines Systems mit einem Freiheitsgrad

5.5 Allgemein ebene Bewegung Geschwindigkeit

5.6 Momentanpol

5.7 Allgemein ebene Bewegung Beschleunigung

5.8 Relativbewegung in rotierenden Bezugssystemen

Kapitel 6 - Ebene Kinetik eines starren Körpers:

Bewegungsgleichungen

6.1 Massenträgheitsmoment

6.2 Bewegungsgleichungen

6.3 Reine Translation

6.4 Rotation um eine feste Achse

6.5 Allgemein ebene Bewegung

Kapitel 7 - Ebene Kinetik eines starren Körpers: Arbeit und Energie

7.1 Kinetische Energie

7.2 Arbeit einer Kraft

7.3 Arbeit eines Kräftepaars

7.4 Arbeitssatz

7.5 Energieerhaltungssatz

Kapitel 8 - Ebene Kinetik eines starren Körpers: Impuls und Drehimpuls

8.1 Impuls und Drehimpuls

# Inhaltsverzeichnis

8.2 Impuls- und Drallsatz

8.3 Impuls- und Drehimpulserhaltung

8.4 Exzentrischer Stoß

Wiederholung 2: Ebene Kinematik und Kinetik eines starren Körpers

Kapitel 9 - Räumliche Kinematik eines starren Körpers

9.1 Drehung um einen raumfesten Punkt

9.2 Zeitableitungen in ruhenden und in bewegten Bezugssystemen

9.3 Allgemein räumliche Bewegung

9.4 Relativbewegung in allgemein bewegten Bezugssystemen

Kapitel 10 - Räumliche Kinetik eines starren Körpers

10.1 Massenträgheitsmomente

10.2 Drehimpuls

10.3 Kinetische Energie

10.4 Bewegungsgleichungen

10.5 Kreiselbewegung

\*10.6 Kräftefreie Kreisel

\*10.7 Systeme starrer Körper

Kapitel 11 - Analytische Prinzipien

11.1 Virtuelle Verrückungen, virtuelle Geschwindigkeiten

11.2 Prinzip von d'Alembert in Lagrangescher Fassung

11.3 Lagrangesche Gleichungen 1. Art

11.4 Lagrangesche Gleichungen 2. Art

Kapitel 12 - Schwingungen

12.1 Schwinger mit einem Freiheitsgrad: Erscheinungsformen

12.2 Freie ungedämpfte Schwingungen eines 1-Freiheitsgrad-Systems

\*12.3 Energiemethoden beim Schwinger mit einem Freiheitsgrad

12.4 Freie gedämpfte Schwingungen eines 1-Freiheitsgrad-Systems

# Inhaltsverzeichnis

12.5 Erzwungene Schwingungen eines ungedämpften  
1-Freiheitsgrad-Systems

12.6 Erzwungene Schwingungen eines gedämpften  
1-Freiheitsgrad-Systems

12.7 Frequenzgangrechnung

\*12.8 Analogien zum elektrischen Schwingkreis

12.9 Schwingungen eines Systems mit mehreren Freiheitsgraden

\*12.10 Schwingende Kontinua

Wiederholung 3: Kreiseldynamik, Analytische Prinzipien,  
Schwingungslehre

Anhang A - Mathematische Ausdrücke

Anhang B - Vektorrechnung

B.1 Darstellung von Vektoren

B.2 Produkte von Vektoren

B.3 Differenziation und Integration von Vektorfunktionen

Anhang C - Lösungen ausgewählter Aufgaben

Literatur

Register

A

Abgegebene Leistung 210

Abhängige Bewegung 66

Abklingmaß 786

Absolutbeschleunigung 390

Absolute Beschleunigung 74, 377

Absolute Geschwindigkeit 74, 362

Absolutgeschwindigkeit 388

Aktivabschirmung 771

Aktiventstörung 771

# Inhaltsverzeichnis

- Allgemein ebene Bewegung 347, 467
- Allgemein räumliche Bewegung 615
- Allgemein räumliche Drehungen 603
- Allgemeine Lösung der homogenen Differenzialgleichung 791
- Allgemeine räumliche Bewegung 36
- Allgemeine Translationsbewegung 347
- Allgemeine translatorische Bewegung 451
- Amplitude 768
- Amplitudengang 797
- Amplitudenverhältnis 812
- Amplitudenverteilung 819
- Analogien
  - elektromechanisch 808
- Anfangsbedingungen 775
- Anfangs-Randwert-Aufgabe 818
- Aperiodischer Grenzfall 788
- Apogäum 162
- Arbeit 195
  - Arbeit einer Federkraft 197, 512
  - Arbeit einer konstanten Kraft 511
  - Arbeit einer variablen Kraft 511
  - Arbeit eines Gewichts 197, 511
  - Arbeit eines Kräftepaars 513
  - Arbeit eines Momentes 516
  - Arbeitssatz 200, 515
  - Arbeitssatz für Massenpunktsystem 202
- a-t-Diagramm 29
- Aufhängung
  - kardanisch 677
- Ausgang 804
- Auswertung in natürlichen Koordinaten 143



# Inhaltsverzeichnis

- Auswertung in Zylinderkoordinaten 150
- Äußerer Kraftstoß 257
- Axiales Massenträgheitsmoment 437, 643
- B**
  - Bahn
    - krummlinig 349
  - Bahnkurve 20
  - Beschleunigung 20, 377
    - absolut 74, 377
    - mittlere 20
    - momentan 20
    - relativ 74
  - Beschleunigungsanteil
    - normal 50
    - tangential 50
  - Beschleunigungsgleichung 380
  - Bewegung
    - abhängig 66
    - allgemein eben 467
    - allgemein räumlich 36, 615
    - allgemein translatorisch 451
    - geradlinig 18, 451
    - geradlinig, bereichsweise definiert 28
    - horizontal 44
    - kräftefrei 680
    - kreisförmig 378
    - krummlinig 36
    - vertikal 44
  - Bewegungsgleichung 122
  - Bewegungsgröße 250
  - Bezugspunkt 348
  - Bezugssystem 126
    - körperfest 660

# Inhaltsverzeichnis

nichtrotierend 660  
rahmenfest 661  
raumfest 361  
translatorisch bewegt 72, 361

## Bindung

geometrisch 684, 719  
holonom 736  
kinematisch 684, 719  
nichtholonom 713  
physikalisch 684, 719  
skleronom 714  
starr 720

## Bindungsgleichungen 712

## Binormale 51

## Bogenlänge 49

## Brennschluss 295

## C

Charakteristische Gleichung 787, 811, 820  
Coriolis-Beschleunigung 391  
Cramersche Regel 813

## D

## Dämpfer

viskos 786

## Dämpfung

kritisch 788  
schwach 788  
stark 787  
überkritisch 787  
unterkritisch 788

## Dämpfungsgrad 786

## Dekrement

logarithmisch 790

## Deviationsmoment 644

# Inhaltsverzeichnis

- Diagramm
  - kinematisch 363
- Differenzialgleichung
  - partiell 818
- Dissipative Einflüsse 786
- Drall 275
- Drall in kartesischen Koordinaten 650
- Drallsatz 551, 652, 658
- Drallsatz für Massenpunktsysteme 285
- Drallsatz in differenzieller Form 276, 447
- Drallsatz in integraler Form 551
- Drehbewegung 349
- Drehimpuls 275, 649
- Drehimpuls bezüglich Drehpunkt 548
- Drehimpuls bezüglich Schwerpunkt 546
- Drehimpuls eines starren Körpers 546
- Drehimpulserhaltung 280, 559
- Drehimpulserhaltungssatz 280
- Drehimpulssatz 275
- Drehimpulssatz in integraler Form 279
- Drehstoß 564
- Drehung
  - allgemein räumlich 603
  - endlich 603
  - infinitesimal 607
  - um Bezugspunkt 363
  - um einen raumfesten Punkt 603
- Drittes Newtonsches Gesetz 121
- Durchschnittliche Geschwindigkeit 20
- Dynamische Randbedingung 819

## E

- Ebene Kinematik starrer Körper 347

# Inhaltsverzeichnis

Eigendrehung 610  
Eigenfrequenz 775  
Eigenfunktion 821  
Eigenkreisfrequenz 775  
Eigenschwingung 821  
Eigenschwingungsform 815  
Eigenvektor 812  
Eigenwerte 787, 812  
Eigenwertgleichung 820  
Eigenwertproblem 812  
Einflüsse  
    dissipative 786  
Eingang 804  
Eingeprägte Kräfte 125, 718  
Elastisches Federpotenzial 216, 522  
Elektromechanische Analogien 808  
Elementardrehungen 605  
Endliche Drehungen 603  
Energie  
    kinetisch 652  
    potenziell 215  
Energieerhaltung 523  
Energieerhaltungssatz 219, 522, 782  
Energieintegral 224  
Energieverlust 269  
Erstes Newtonsches Gesetz 121  
Erzwungene Schwingung 790  
Eulersche Kreiselgleichungen 661  
Eulersche Winkel 605  
Eulerscher Satz 603  
Exzentrischer Stoß 266, 564

# Inhaltsverzeichnis

Exzentrizität 159

## F

Federfußpunktanregung 772

Federpotenzial

elastisch 216, 522

Figurenachse 675

Flächengeschwindigkeit 157

Fluchtgeschwindigkeit 161

Freie gedämpfte Schwingung 786

Freie Schwingung 774

Freie ungedämpfte Schwingung 774

Freiflugbahn 159

Freiheitsgrad 733

Freikörperbild 124

Frequenz 768

Frequenzgang

komplex 804

Frequenzgangrechnung 803

Führungsbeschleunigung 392

Führungsgeschwindigkeit 390

Führungssystem 387

Fußpunktanregung 794

## G

Gegenläufige Präzession 682

Gegenphase 793

Gelenk 684

Gelenkkinematik 686

Gelenkpunkt 685

Gemeinsame Stoßnormale 564

Generalisierte Geschwindigkeit 736

Generalisierte Koordinaten 733

# Inhaltsverzeichnis

- Generalisierte Kräfte 733
- Geometrische Bindung 684, 719
- Geometrische Randbedingung 819
- Gerader Stoß 266
- Geradlinige Bewegung 18, 451
- Geradlinige Kinematik 18
- Geradlinige Translationsbewegung 347
- Geradlinige, bereichsweise definierte Bewegung 28
- Geschwindigkeit 19, 362
  - absolut 74, 362
  - durchschnittlich 20
  - generalisiert 736
  - mittlere 19
  - möglich 714
  - momentan 19
  - relativ 74, 362
  - virtuell 714
- Geschwindigkeit als Funktion des Ortes 21
- Geschwindigkeit als Funktion des Weges 201, 220
- Geschwindigkeitsgleichung 365
- Gewicht 123
- Gleichphasig 793
- Gleichung
  - charakteristisch 787, 811, 820
  - kinematisch 22
  - transzendent 820
- Grafische Lösung 748
- Grenzfall
  - aperiodisch 788
- Grundgleichung
  - kinematisch 364
- Grundgleichung für Massenzufuhr 296
- Gyroskop 674

# Inhaltsverzeichnis

## H

- Harmonische Schwingung 768
- Hauptnormale 51
- Hauptschwingungen 812
- Hauptträgheitsachsen 646
- Hauptträgheitsmoment 646
- Himmelsmechanik 157
- Hodograph 37
- Holome Bindung 736
- Holonomes System 713
- Homogene Lösung einer Differenzial- gleichung 791
- Horizontale Bewegung 44

## I

- Impuls 250
- Impuls eines starren Körpers 545
- Impulsdigramm 251
- Impulserhaltung 559
- Impulserhaltungssatz 257
- Impulsgleichung 258
- Impulsrelevante Kraft 257
- Impulssatz 249, 551, 652
- Impulssatz für ein Massenpunktsystem 256
- Impulssatz in differenzieller Form 249
- Impulssatz in integraler Form 249, 551
- Inertialsystem 125
- Infinitesimale Drehungen 607
- Innere Kraft 515
- Innerer Kraftstoß 258

## K

- Kardanische Aufhängung 677
- Kartesische Koordinaten 38, 131

# Inhaltsverzeichnis

- Kinematik 17
  - geradlinig 18
- Kinematik des Massenpunktes 15, 709
- Kinematische Bindung 684, 719
- Kinematische Gleichungen 22
- Kinematische Grundgleichung 364
- Kinematisches Diagramm 363
- Kinematisches Diagramm für Beschleunigung 382
- Kinetik 17
- Kinetische Energie 652
  - eines starren Körpers 507
- Kinetisches Diagramm 124
- Kinetisches Potenzial 737
- Knotenlinie 675
- Komplexer Frequenzgang 804
- Kompressionskraftstoß 565
- Kompressionsphase 267
- Konservative Kraft 215, 522
- Konservative Systeme 782
- Konstante Winkelbeschleunigung 351
- Kontaktebene 266, 564
- Koordinaten
  - generalisiert 733
  - kartesisch 38
  - natürlich 49
- Koordinatensystem 22, 126
  - scheibenfest 622
- Körperfeste Polkegel 682
- Körperfestes Bezugssystem 660
- Kräfte
  - eingeprägt 718
  - generalisiert 733

# Inhaltsverzeichnis

innere 515  
konservativ 215, 522  
**Kräfte und Momente**  
  potenziallose 737  
**Kräfte, die keine Arbeit verrichten** 512  
**Kräftefreie Bewegung** 680  
**Kräftefreie Kreisel** 680  
**Krafterregung** 772  
**Kräftesystem**  
  zentral 280  
**Kraftstoß** 250  
**Kraftstoßdiagramm** 251  
**Kreisel**  
  kräftefrei 680  
  schnell 676  
  symmetrisch 674  
**Kreiselbewegung** 674  
**Kreisförmige Bewegung** 378  
**Kreisförmige Umlaufbahn** 161  
**Kreisfrequenz** 768  
**Kritische Dämpfung** 788  
**Krummlinige Bahn** 349  
**Krummlinige Bewegung** 36  
**Krümmungsmittelpunkt** 49  
**Krümmungsradius** 49

## L

**Lage** 19, 361  
**Lage als Funktion der Zeit** 21  
**Lage des Momentanpols** 370  
**Lageänderung** 19  
**Lagekoordinatengleichung** 357  
**Lagrangesche Gleichungen 1. Art** 728

# Inhaltsverzeichnis

Lagrangesche Gleichungen 2. Art 733

Lagrange-Funktion 737

Lehrsches Dämpfungsmaß 786

Leistung 210

Logarithmisches Dekrement 790

Lösung

grafisch 748

homogen 791

partikulär 791

Lotlinie 675

Luftwiderstand 44

## M

Masse 123

Massenabfuhr 292

Massenerhaltung 288

Massenkrafterregung 773

Massenpunkt

Kinematik 15, 709

Massenpunktsystem 129

Massenstrom 288

Massenstrom der abgeführten Masseteilchen 293

Massenstrom der zugeführten Masseteilchen 294

Massenträgheitsmoment 437

axial 437, 643

Massenzufuhr 293

Mathematisches Pendel 769

Mehrkörpersystem 684

Mitbewegtes Bezugssystem 387

Mittlere Beschleunigung 20

Mittlere Geschwindigkeit 19

Mittlere Impulskraft 258

# Inhaltsverzeichnis

Mögliche Geschwindigkeit 714  
Mögliche Verschiebung 712  
Momentanachse verschwindender Geschwindigkeit 370  
Momentane Beschleunigung 20  
Momentane Geschwindigkeit 19  
Momentanpol 370  
Momentenstoß 279

## N

Natürliche Koordinaten 49  
Nebenbedingungen 728  
Negative Arbeit 198  
Newton'sche Gesetze der Bewegung 121  
Newton'sches Gravitationsgesetz 122  
Newton'sches Grundgesetz 124, 128  
Nicht stoßrelevante Kraft 257  
Nichtholome Bindung 713  
Nichtrotierendes Bezugssystem 660  
Nichtzentraler Stoß 266  
Normal zur Bahnkurve 49  
Normalenachse 49  
Normaler Beschleunigungsanteil 50  
Normalkomponente der Beschleunigung 352  
Nullphasenwinkel 768  
Nutation 608, 674

## O

Ortskurve 805  
Ortsvektor 19

## P

Partielle Differenzialgleichung 818  
Partikuläre Lösung 791  
Passivabschirmung 771



# Inhaltsverzeichnis

- Pendel
  - mathematisch 769
  - physikalisch 769
- Perigäum 162
- Periode 768
- Periodische Schwingung 767
- Phasengang 797
- Phasennacheilung 799
- Phasenverschiebung 797
- Physikalische Bindung 684, 719
- Physikalisches Pendel 769
- Polarkoordinaten 57
- Polkegel
  - körperfest 682
- Position
  - relativ 73
- Positive Arbeit 198
- Potenzial
  - kinetisch 737
- Potenziallose Kräfte und Momente 737
- Potenzielle Energie 215
- Präzession 608, 674
  - gegenläufig 682
  - regulär 682
- Präzessionsdrehung 610
- Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten 719
- Prinzip der virtuellen Leistung 719
- Prinzip der virtuellen Verrückungen 719
- Prinzip von d'Alembert 128
- Prinzip von d'Alembert in der Lagrangeschen Fassung 719
- Prinzip von Jourdain 719
- Probleme mit Rollreibung 468

# Inhaltsverzeichnis

## R

- Radiale Komponente 58
- Rahmenfestes Bezugssystem 661
- Randbedingung
  - dynamisch 819
  - geometrisch 819
- Randbedingungen 818
- Rastpolbahn 371
- Raumfest 38
- Raumfeste Spurkegel 682
- Raumfestes Bezugssystem 361
- Reguläre Präzession 682
- Reibungsarbeit 203
- Rein elastischer Stoß 268
- Reine Translation 451
- Reines Rollen ohne Gleiten 468
- Relativbeschleunigung 391
- Relativbewegung 72, 387
- Relativbewegung in allgemein bewegten Bezugssystemen 618
- Relativbewegung in rotierenden Bezugssystemen 387
- Relativbewegung in translatorisch und rotatorisch bewegten Bezugssystemen 400
- Relative Beschleunigung 74
- Relative Geschwindigkeit 74, 362
- Relative Position 73
- Relativgeschwindigkeit 388
- Resonanz 793, 814
- Restitutionskoeffizient 267
- Restitutionskraftstoß 565
- Restitutionsphase 267
- Resultierende äußere Kraft 129
- Resultierende innere Kraft 129

# Inhaltsverzeichnis

Richtungskosinus 605  
Rollen mit Gleiten 468  
Rotation um feste Achse 458  
Rotation um raumfeste Achse 347  
Rotationsenergie 509, 653  
Rotationskörper  
    symmetrisch 438

## S

Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie 523  
Schalenelement 438  
Scheibenelement 438  
Scheibenfestes Koordinatensystem 622  
Scheinkraft 128  
Schiefer Stoß 266  
Schiefer Wurf 44  
Schmiegebene 49  
Schneller Kreisel 676  
Schub 292  
Schwache Dämpfung 788  
Schwerepotenzial 215  
Schwerpunktsatz 446, 657  
Schwingende Kontinua 817  
Schwingerkette 808  
Schwingung  
    erzwungen 790  
    frei 774  
        frei, gedämpft 786  
        frei, ungedämpft 774  
    harmonisch 768  
    periodisch 767  
    ungedämpft 774  
Schwingungsdauer 768



# Inhaltsverzeichnis

- Schwingungsfundament 771
  - Seil 66
  - Skleronome Bindung 714
  - Spin (Eigendrehung) 608, 674
  - Spurkegel
    - raumfest 682
  - Starke Dämpfung 787
  - Starre Bindung 720
  - Statik 17
  - Stationär 792
  - Stationäre Strömung 287
  - s-t-Diagramm 28
  - Steinerscher Satz 645
  - Stoß 266
    - exzentrisch 266
    - nichtzentral 266
    - zentral 266
    - zentrisch 266
  - Stoßnormale 266
    - gemeinsam 564
  - Stoßrelevante Kraft 257
  - Stoßzahl 267, 567
  - Symmetrischer Kreisel 674
  - Symmetrischer Rotationskörper 438
  - System
    - holonom 713
    - konservativ 782
  - Systemausgang 804
  - Systemeingang 804
- T
- Tangential zum Hodographen 40
  - Tangential zur Bahnkurve 36

# Inhaltsverzeichnis

- Tangentiale Komponente 58
- Tangentiale Komponente der Beschleunigung 352
- Tangentialebene 729
- Tangentialer Beschleunigungsanteil 50
- Tilgung 814
- Trägheitskräfte 128, 718
- Trägheitstensor 645
- Transient 792
- Translation
  - rein 451
- Translationsbewegung 347
  - allgemein 347
  - geradlinig 347
- Translationsenergie 509, 653
- Translatorisch bewegtes Bezugssystem 72, 361
- Transzendentale Gleichung 820
- Trennen der Veränderlichen 224

## U

- Überkritische Dämpfung 787
- Umlaufender Zeiger 803
- Undehnbar 66
- Ungedämpfte Schwingung 774
- Unterkritische Dämpfung 788

## V

- Verallgemeinertes Prinzip der virtuellen Arbeit 719
- Vergrößerungsfaktor 793
- Vergrößerungsfunktion 797
- Verrückung
  - virtuell 711
- Verschiebung 19, 361
  - möglich 712

# Inhaltsverzeichnis

- virtuell 713
- Vertikale Bewegung 44
- Verzögerung 20
- Virtuelle Geschwindigkeit 714
- Virtuelle Verrückung 711
- Virtuelle Verschiebung 713
- Viskoser Dämpfer 786
- Vollplastischer Stoß 268, 269
- Volumenstrom 288
- v-t-Diagramm 28
- W
  - Wärme 203
  - Wechselenergie 653
  - Winkeländerung 349
  - Winkelbeschleunigung 58, 350, 608
    - konstant 351
  - Winkelgeschwindigkeit 58, 350, 607
  - Winkellage 349
  - Winkelverzögerung 350
  - Wirkungsgrad 210
  - Wurf
    - schief 44
- Z
  - Zeiger
    - umlaufend 803
  - Zeit 21
  - Zeitableitungen in ruhenden und in bewegten Bezugssystemen 610
  - Zeitliche Änderung der Geschwindigkeit 50
  - Zeitliche Änderung der Geschwindigkeitsrichtung 50
  - Zentralbewegung 157
  - Zentraler Stoß 266

## **Inhaltsverzeichnis**

Zentrales Kräftesystem 280  
Zentralkräfte 157  
Zentrischer Stoß 266  
Zugeführte Leistung 210  
Zusammenhang der Lagekoordinaten 67  
Zusammenhänge auf Geschwindigkeits- und Beschleunigungsebene 67  
Zwangsbedingungen 712  
Zwangskräfte 125, 718  
Zweites Newtonsches Gesetz 121  
Zweites Newtonsches Grundgesetz 122  
Zylinderkoordinaten 57

Ins Internet: Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.

Copyright

# Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: [info@pearson.de](mailto:info@pearson.de)

## Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

## Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

**<http://ebooks.pearson.de>**