



Edition  
Harri   
Deutsch 

# Kinematik und Kinetik

Arbeitsbuch mit ausführlichen Aufgabenlösungen,  
Grundbegriffen, Formeln, Fragen, Antworten

von  
Gerhard Knappstein  
Denis Anders

**5., erweiterte Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselderger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 55583**

### **Der Autor**

Dipl.-Ing. Gerhard Knappstein arbeitete nach seiner Ausbildung zum Werkzeugmacher und dem Maschinenbaustudium als Konstrukteur und Berechnungsingenieur in der Industrie. Anschließend war er Mitarbeiter im Fachbereich Maschinenbau – Fachgebiet Technische Mechanik – an der Universität Siegen.

### **Der Koautor**

Prof. Dr.-Ing. Denis Anders war nach dem Studium der Technischen Mathematik an der Universität Siegen und der anschließenden Promotion am Lehrstuhl für Festkörpermechanik mehrere Jahre als Entwicklungs- und Berechnungsingenieur im Maschinen- und Anlagenbau tätig. Seit 2016 hat er die Professur für Technische Mechanik und Strömungslehre an der Technischen Hochschule Köln inne.

5., erweiterte Auflage 2017

Druck 5 4 3 2 1

ISBN 978-3-8085-5862-1

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autor und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG,  
42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Druck: Medienhaus Plump GmbH, 53619 Rheinbreitbach

# Vorwort

Studierende der Ingenieurwissenschaften stellen sehr schnell fest, dass zum richtigen Verstehen und Einordnen der theoretischen Grundlagen des Mechanikfachs *Kinematik und Kinetik* das selbständige Lösen von Aufgaben unverzichtbar ist. Oft glauben Übende, die gelernten Formeln und Lehrsätze verstanden zu haben, doch in Wirklichkeit haben sie keineswegs alle ihre Anwendungsbedingungen und Konsequenzen erfasst.

Das vorliegende Arbeitsbuch ist als Ergänzung zu den Vorlesungen gedacht und bietet die notwendigen Grundbegriffe und Formeln, zahlreiche ausführlich gelöste Übungsaufgaben sowie Fragen und Antworten zum Überprüfen der Kenntnisse.

Alle wichtigen Teilgebiete der Kinematik und Kinetik werden behandelt und sind so strukturiert, dass in jedem Kapitel die drei Komponenten ***Grundbegriffe und Formeln, Aufgaben mit Lösungen*** sowie ***Fragen und Antworten*** aufeinander folgen. Dadurch besteht eine ausgewogene Verbindung von Theorie und gelösten Übungsaufgaben.

Der Inhalt des Buches beschränkt sich bewusst auf das Notwendige und ist durch viele Bilder leicht verständlich, so dass die Studierenden schnell erkennen, worauf es ankommt und den Überblick behalten. Überhaupt habe ich mit Zeichnungen nicht gespart, da Studierende dadurch viel schneller und besser über schwierige Sachverhalte **"im Bilde"** sind, als das je mit Text geschehen könnte.

Zur bestmöglichen Nutzung des Buches empfehle ich, in Verbindung mit den Vorlesungen zunächst das Wesen der wichtigsten Grundbegriffe und Grundformeln zu studieren, und dann zu versuchen, die Aufgaben selbständig zu lösen. Oft ist es auch hilfreich, die Aufgaben, Lösungen, Fragen und Antworten in der Gruppe zu bearbeiten und zu diskutieren.

Da die Erfahrung zeigt, dass viele Studienanfänger den Weg von der Problemstellung zur Lösung verlieren, wenn man ihn nicht systematisch anlegt, sind ergänzend Leitlinien zum Lösen von Mechanik-Aufgaben als grundsätzliches Lösungsverfahren angegeben.

Mit der vorliegenden 5. Auflage ist Denis Anders als Ko-Autor dazu gekommen. Weiterhin wurden neue Beispiele und Aufgaben und eine Reihe von Ergänzungen eingearbeitet.

Wir danken dem Verlag Europa-Lehrmittel für die sehr gute Zusammenarbeit.

## **Leserkontakt**

Autoren und Verlag Europa-Lehrmittel  
Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Str. 23  
42781 Haan-Gruiten  
lektorat@europa-lehrmittel.de  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>0 Einleitung</b>	<b>1</b>
<hr/>	
<b>1 Kinematik der geradlinigen Bewegung eines Punktes</b>	<b>1</b>
<hr/>	
1.1 Grundbegriffe und Formeln .....	1
1.1.1 Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung .....	1
1.1.2 Kinematische Diagramme .....	2
1.1.3 Geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit (gleichförmige Bewegung) .....	2
1.1.4 Geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung (gleichmäßig beschleunigte Bewegung oder gleichmäßig verzögerte Bewegung) .....	3
1.1.5 Ungleichförmig beschleunigte Bewegung .....	3
1.2 Aufgaben mit Lösungen .....	5
Aufgabe 1.1 Freier Fall .....	5
Aufgabe 1.2 Bewegung von Zug und Kraftfahrzeug .....	6
Aufgabe 1.3 Geradlinige Bewegung eines Fahrzeugs .....	7
Aufgabe 1.4 Auffahrunfall zweier Fahrzeuge .....	9
Aufgabe 1.5 Zwei sich begegnende Körper auf parallelen Strecken .....	11
Aufgabe 1.6 Punktmasse über Seil an Gleitstein gekoppelt .....	13
Aufgabe 1.7 Parallelprojektion einer Kreisbewegung .....	16
Aufgabe 1.8 Kinematik eines Überholvorgangs .....	18
Aufgabe 1.9 Kinematik eines Motorradausflugs .....	19
Aufgabe 1.10 Freier Fall unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes .....	20
Aufgabe 1.11 Sedimentation in hochviskosen Medien .....	22
Aufgabe 1.12 Bewegungsgleichung eines Feder-Massen-Schwingers .....	23
Aufgabe 1.13 Freier Fall aus großer Höhe .....	24
1.3 Fragen und Antworten .....	27
<b>2 Kinematik der krummlinigen Bewegung eines Punktes</b>	<b>29</b>
<hr/>	
2.1 Grundbegriffe und Formeln .....	29
2.1.1 Ebene Bewegung in einem rechtwinkligen Koordinatensystem .....	29
2.1.2 Ebene Bewegung in natürlichen Koordinaten; Tangential- und Normalbeschleunigung .....	32
2.1.3 Bewegung auf kreisförmiger Bahn; Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung, gleichförmige Kreisbewegung, gleichmäßig beschleunigte Kreisbewegung .	34
2.1.4 Beschreibung der Bewegung in Polarkoordinaten .....	36
2.1.5 Räumliche Punktbewegung .....	36

2.2 Aufgaben mit Lösungen .....	38
Aufgabe 2.1 Ebene Punktbewegung in Parameterdarstellung .....	38
Aufgabe 2.2 Bewegung des Schnittpunktes zweier Geraden .....	39
Aufgabe 2.3 Bewegungsanalyse eines Motorradsprungs .....	40
Aufgabe 2.4 Hubschrauberflug .....	42
Aufgabe 2.5 Steil- und Flachwurf .....	44
Aufgabe 2.6 Räumliche Bahnkurve .....	45
Aufgabe 2.7 Rollendes Rad auf horizontaler Unterlage .....	47
Aufgabe 2.8 Punktbewegung auf ebener Kurve .....	50
Aufgabe 2.9 Ziehen eines Bootes über einen Kanal .....	51
Aufgabe 2.10 Kreisbewegung eines Punktes auf rotierender Scheibe .....	53
Aufgabe 2.11 Kreisbewegung eines Punktes .....	54
Aufgabe 2.12 Kreisförmige Kurvenfahrt eines Zuges.....	55
Aufgabe 2.13 Entgegengesetzte Punktbewegungen auf einer Kreisbahn .....	57
Aufgabe 2.14 Bremsscheibe .....	59
Aufgabe 2.15 Schwungscheibe .....	60
Aufgabe 2.16 Rotierende Schleifenschwinge .....	61
Aufgabe 2.17 Roboter .....	62
2.3 Fragen und Antworten .....	63
<b>3 Kinematik des starren Körpers</b> .....	<b>65</b>
3.1 Grundbegriffe und Formeln .....	65
3.1.1 Translation und Rotation sowie Winkelgeschwindigkeit des starren Körpers .....	65
3.1.2 Ebene Bewegung des starren Körpers (mit Hinweisen auf die Bewegung im Raum), Momentanpol, Geschwindigkeit und Beschleunigung .....	66
3.2 Aufgaben mit Lösungen .....	70
Aufgabe 3.1 Rechtwinkliger Kreuzschieber .....	70
Aufgabe 3.2 Dreieckscheibe .....	72
Aufgabe 3.3 Beschleunigte rollende Kreisscheibe .....	73
Aufgabe 3.4 Kette einer Planierdrape .....	75
3.3 Fragen und Antworten .....	78
<b>4 Kinetik des Massenpunktes und der Massenpunktsysteme</b> .....	<b>81</b>
4.1 Grundbegriffe und Formeln .....	81
4.1.1 Dynamisches Grundgesetz (Massenpunkt) .....	81
4.1.2 Prinzip von D'ALEMBERT (Massenpunkt) .....	82
4.1.3 Impulssatz (Massenpunkt) .....	83
4.1.4 Arbeit, Energie, Leistung (Massenpunkt) .....	84
4.1.5 Energiesatz und Arbeitssatz (Massenpunkt) .....	86


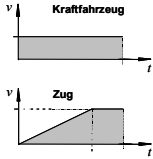
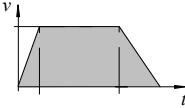
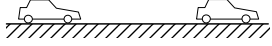

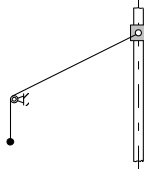

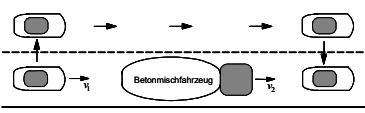
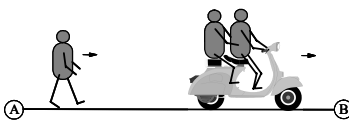
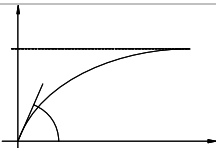
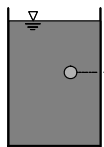
4.1.6	Schwerpunktsatz, Impulssatz, Drallsatz beim Massenpunktsystem .....	87
4.2	Aufgaben mit Lösungen .....	90
Aufgabe 4.1	Anschieben eines Autos .....	90
Aufgabe 4.2	Antriebskraft einer Straßenbahn .....	90
Aufgabe 4.3	Ebene Massenpunktbewegung in Parameterdarstellung .....	91
Aufgabe 4.4	Beschleunigte Bewegung und schiefe Ebene .....	93
Aufgabe 4.5	Drei miteinander verbundene Massen .....	94
Aufgabe 4.6	Bremmung eines Krans .....	96
Aufgabe 4.7	Fall eines Transportguts .....	97
Aufgabe 4.8	Massenpunkt an kreisförmiger Wand .....	99
Aufgabe 4.9	Massenpunkt auf rauher Unterlage .....	101
Aufgabe 4.10	Sprung aus einem fahrenden Boot .....	102
Aufgabe 4.11	Arbeit eines Gepäckträgers .....	103
Aufgabe 4.12	Aufprall eines beladenen Wagens .....	103
Aufgabe 4.13	Reibscheibenkupplung .....	104
Aufgabe 4.14	Abbremsung auf rauher Unterlage .....	105
Aufgabe 4.15	Bewegung auf rauher schiefer Ebene .....	106
Aufgabe 4.16	Reibungsfreie horizontale Bewegung eines Massenpunktes .....	107
Aufgabe 4.17	Fahrzeug auf glatter Fahrbahn .....	108
Aufgabe 4.18	Untersuchung einer Schiebehülse .....	110
4.3	Fragen und Antworten .....	112
<b>5</b>	<b>Kinetik starrer Körper</b> .....	<b>115</b>
5.1	Grundbegriffe und Formeln .....	115
5.1.1	Translation .....	115
5.1.2	Rotation um eine feste Achse .....	115
5.1.3	Massenträgheitsmomente .....	117
5.1.4	Auswuchten von Rotoren .....	124
5.1.5	Ebene Bewegung des starren Körpers .....	125
5.1.5.1	Schwerpunktsatz, Drallsatz .....	125
5.1.5.2	Prinzip von D'ALEMBERT .....	126
5.1.5.3	Energiesatz und Arbeitssatz .....	127
5.1.6	Räumliche Bewegung starrer Körper .....	128
5.1.6.1	Schwerpunktsatz, Drallsatz .....	128
5.2	Aufgaben mit Lösungen .....	130
Aufgabe 5.1	Rotierender L-förmig gebogener Körper .....	130
Aufgabe 5.2	Massenträgheitsmoment von Kreisringsegment mit konstanter Dicke .....	131
Aufgabe 5.3	Massenträgheitsmoment einer homogenen Kugel .....	132
Aufgabe 5.4	Auswuchten eines starren Rotors .....	133
Aufgabe 5.5	Gekoppelte Körper auf schiefer Ebene .....	137

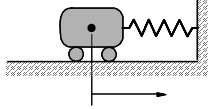
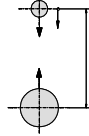
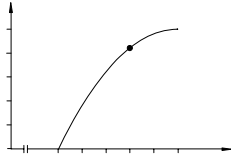
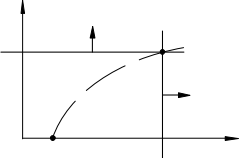
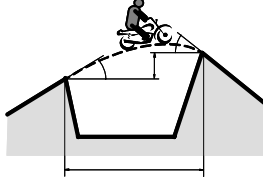
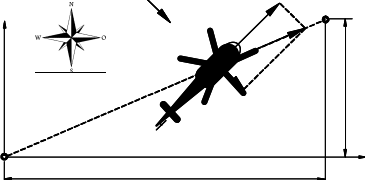
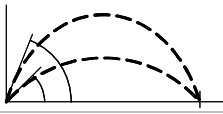
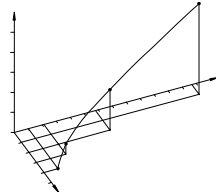
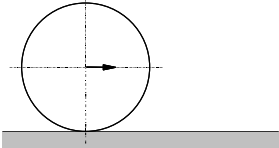
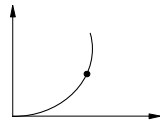
Aufgabe 5.6	Rollende Walze .....	139
Aufgabe 5.7	Fördersystem aus Rollen und Seil .....	142
Aufgabe 5.8	Schweres Seil auf Windentrommel .....	145
Aufgabe 5.9	System aus zwei Körpern und einer Rolle .....	146
Aufgabe 5.10	Drehbarer Stab .....	147
5.3	Fragen und Antworten .....	149
<b>6 Schwingungen</b>		<b>151</b>
6.1	Grundbegriffe und Formeln .....	151
6.1.1	Freie ungedämpfte Schwingungen .....	155
6.1.2	Federn und Federnschaltungen .....	158
6.1.3	Freie gedämpfte Schwingungen .....	159
6.1.3.1	Das logarithmische Dekrement (Dämpfungsdekrement) .....	161
6.1.4	Erzwungene Schwingungen .....	162
6.1.4.1	Krafterregung oder Erregung über eine Feder (Federkrafterregung) .....	162
6.1.4.2	Unwuchterregung .....	165
6.2	Aufgaben mit Lösungen .....	167
Aufgabe 6.1	Taktmesser (Metronom) .....	167
Aufgabe 6.2	Rollschwinger .....	167
Aufgabe 6.3	Schwingsystem aus Kreisscheibe und Feder .....	168
Aufgabe 6.4	Scheibe mit Feder .....	169
Aufgabe 6.5	Dünner Stab mit Feder .....	171
Aufgabe 6.6	Schwingende Kreisscheibe .....	172
Aufgabe 6.7	Masse mit Balken und Stäben .....	174
Aufgabe 6.8	Feder-Masse-Dämpfer-System .....	176
Aufgabe 6.9	Ausschwingversuch .....	177
Aufgabe 6.10	Federkrafterregtes System .....	178
Aufgabe 6.11	Harmonisch erregtes Federende .....	179
Aufgabe 6.12	Schwinger mit Erregerkraft .....	181
Aufgabe 6.13	Unwuchterregte Maschine .....	183
6.3	Fragen und Antworten .....	185
<b>7 Stoßvorgänge</b>		<b>187</b>
7.1	Grundbegriffe und Formeln .....	187
7.2	Aufgaben mit Lösungen .....	191
Aufgabe 7.1	Stoß auf horizontaler Unterlage .....	191

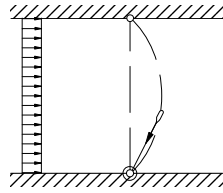
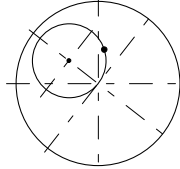
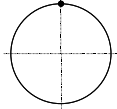
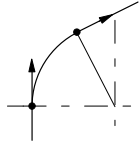
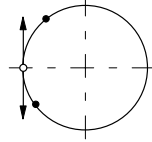
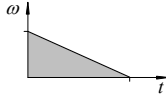
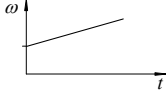
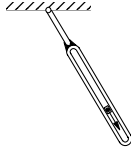
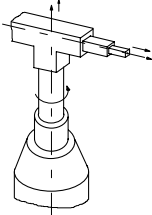


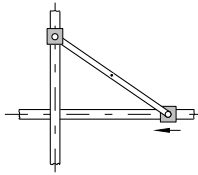
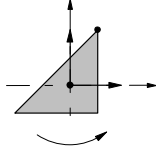
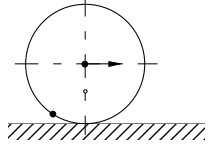
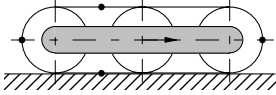
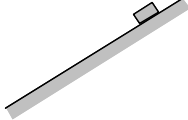

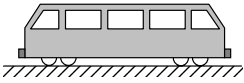
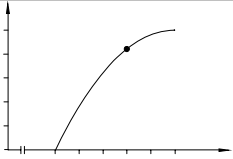
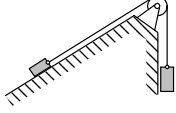
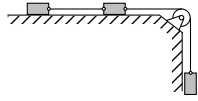
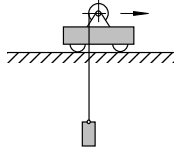
Aufgabe 7.2	Stoß auf schiefer Ebene .....	192
Aufgabe 7.3	Stoß gegen drehbar gelagerten Körper .....	194
Aufgabe 7.4	Stoß zwischen Pendel und drehbarem Stab .....	196
7.3	Fragen und Antworten .....	198
<b>8</b>	<b>Relativbewegung</b> .....	<b>199</b>
8.1	Grundbegriffe und Formeln .....	199
8.2	Aufgaben mit Lösungen .....	203
Aufgabe 8.1	Mit dem Boot über einen Fluss .....	203
Aufgabe 8.2	Gleitstein in radialer Führung einer rotierenden Scheibe .....	204
Aufgabe 8.3	Kreisbewegung eines Punktes auf rotierender Scheibe .....	206
Aufgabe 8.4	Radiale Punkt看egung auf einem drehbaren Stab .....	208
Aufgabe 8.5	Fliehkraftpendel .....	209
8.3	Fragen und Antworten .....	211
<b>Leitlinien zum Lösen von Aufgaben aus Kinematik und Kinetik</b> .....		<b>212</b>
<b>Anhang: Zusammenstellung der Formeln (Formelsammlung)</b> .....		<b>214</b>
A1	Kinematik der geradlinigen Bewegung eines Punktes .....	214
A2	Kinematik der krummlinigen Bewegung eines Punktes .....	215
A3	Kinematik des starren Körpers .....	221
A4	Kinetik des Massenpunktes und der Massenpunktsysteme .....	223
A5	Kinetik starrer Körper .....	229
A6	Schwingungen .....	236
A7	Stoßvorgänge .....	240
A8	Relativbewegung .....	242
Das griechische Alphabet .....		245
Vorsätze und Vorsatzzeichen für dezimale Teile und Vielfache von Einheiten .....		245
Einheitennamen und Einheitenzeichen .....		246
Einige Formeln aus der Mathematik .....		247

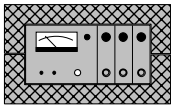
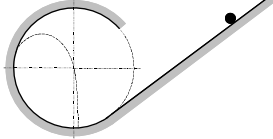
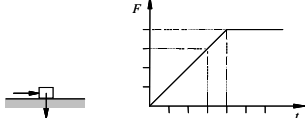
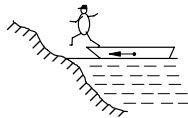
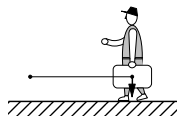
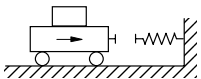
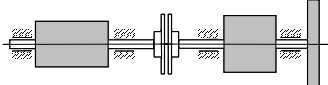

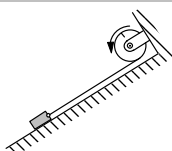
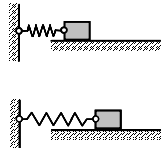
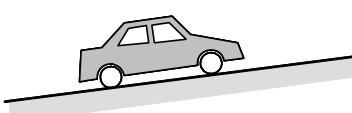
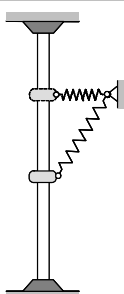
<b>Einige Grundlagen und Formeln aus der Statik</b> .....	248
S1 Kräfte, Lagerungen, Freimachen, Axiome, Schnittprinzip .....	248
S2 Zentrales Kräftesystem .....	253
S3 Allgemeines Kräftesystem .....	256
S4 Ebenes Fachwerk .....	259
S5 Schnittgrößen am Balken .....	261
S6 Schwerpunkt .....	263
S7 Haftung und Reibung .....	267
S8 Biegeschlaffes Seil .....	268
<b>Einige Grundbegriffe und Formeln der Festigkeitslehre</b> .....	271
F1 Einheiten; Spannungen .....	271
F2 Verformungen .....	272
F3 Zusammenhang zwischen Spannungen und Verformungen .....	273
F4 Zug und Druck in Stäben .....	273
F5 Flächenträgheitsmomente; Lage der Hauptachsen; Widerstandsmomente .....	275
F6 Biegung .....	280
F7 Torsion .....	283
F8 Lage der Schubmittelpunkte von dünnwandigen Profilen .....	287
F9 Querkraftschub .....	288
F10 Knickung .....	288
F11 Dünnwandige Behälter (Membranschalen) unter Innendruck .....	291
F12 Festigkeitshypothesen, Vergleichsspannung .....	292
F13 Zugfestigkeit $R_m$ , Streckgrenze $R_{p0,2}$ und Bruchdehnung $A_5$ einiger Werkstoffe .....	293
F14 Zulässige Spannungen für Kran-Stahltragwerke .....	293
F15 Ausgewählte Werkstoffkennwerte .....	294
F16 Anwendung des Energieprinzips bei Biegebeanspruchung (CASTIGLIANO, MOHR- sches Arbeitsintegral, Kraftgrößenverfahren) .....	295
<b>Literatur</b> .....	<b>300</b>
<hr/>	
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	<b>301</b>
<hr/>	

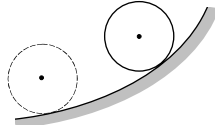
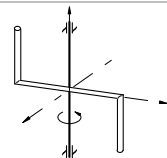
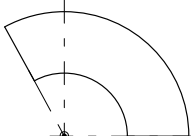
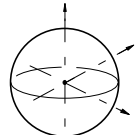
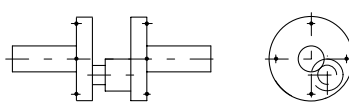
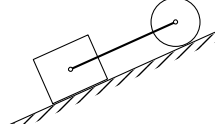
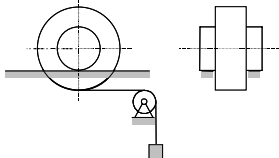
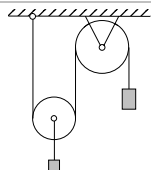
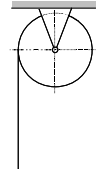
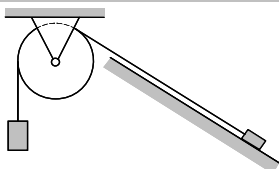
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
	<b>1 Kinematik der geradlinigen Bewegung eines Punktes</b>		1
1.1	Freier Fall; Geschwindigkeit, Fallzeit, kinematische Diagramme		5
1.2	Bewegung von Zug und Kraftfahrzeug; Geschwindigkeit, Zeit		6
1.3	Geradlinige Bewegung eines Fahrzeugs; Geschwindigkeit, kinematische Diagramme		7
1.4	Auffahrunfall zweier Kraftfahrzeuge; Zeit, Geschwindigkeit beim Aufprall		9
1.5	Zwei sich begegnende Körper auf parallelen Strecken; Zeit, Steig- und Fallhöhe, Geschwindigkeiten, kinematisches Diagramm		11
1.6	Punktmasse über Seil an Gleitstein gekoppelt; Orts-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs-Zeit-Funktion		13
1.7	Parallelprojektion einer Kreisbewegung; Ort, Geschwindigkeit, kinematische Diagramme		16
1.8	Kinematik eines Überholvorgangs; Zeit, Weg		18
1.9	Kinematik eines Motorradausflugs; Weg-Zeit-Diagramm, Weg		19
1.10	Freier Fall unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes; Fallgeschwindigkeit		20
1.11	Sedimentation (Ablagerung) in hochviskosen Medien; Sedimentationsgeschwindigkeit, Einsinktiefe		22

Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
1.12	Bewegungsgleichung eines Feder-Massen-Schwingers; Weg, Geschwindigkeit		23
1.13	Freier Fall aus großer Höhe; Aufschlaggeschwindigkeit		24
<b>2 Kinematik der krummlinigen Bewegung eines Punktes</b>			29
2.1	Ebene Punkt看egung in Parameterdarstellung; Beschleunigungen, Krümmungsradius		38
2.2	Bewegung des Schnittpunktes zweier Geraden; Geschwindigkeiten, Bahngleichung des Schnittpunktes		39
2.3	Bewegungsanalyse eines Motorradsprungs; Bahnkurve, Neigungswinkel		40
2.4	Hubschrauberflug; Geschwindigkeit, Zeit		42
2.5	Steil- und Flachwurf; Bahnkurve, Wurfzeit		44
2.6	Räumliche Bahnkurve; Geschwindigkeiten, Bahnkurve		45
2.7	Rollendes Rad auf horizontaler Unterlage; Bahnkurve, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Weg		47
2.8	Punkt看egung auf ebener Kurve; Bahngeschwindigkeit, Beschleunigung, Bahnkurve		50

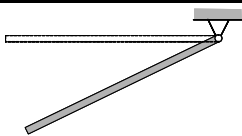
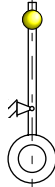
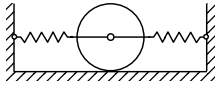
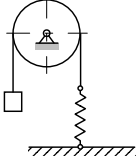
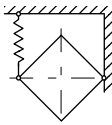
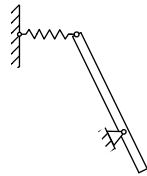
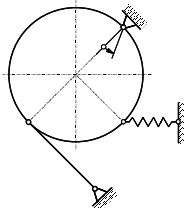
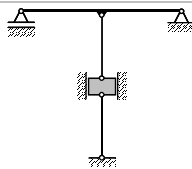
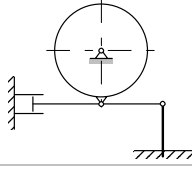
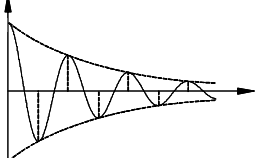
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
2.9	Ziehen eines Bootes über einen Kanal; Bahnkurve des Bootes		51
2.10	Kreisbewegung eines Punktes auf rotierender Scheibe; Geschwindigkeit, Beschleunigung		53
2.11	Kreisbewegung eines Punktes; Geschwindigkeit-Zeit-Funktion		54
2.12	Kreisförmige Kurvenfahrt eines Zuges; Beschleunigungen		55
2.13	Entgegengesetzte Punktbewegungen auf einer Kreisbahn; Beschleunigungen, Lage der Gesamtbeschleunigung, Ort		57
2.14	Bremsscheibe; Anfangsdrehzahl, Winkelbeschleunigung, Verzögerung, Winkelgeschwindigkeit		59
2.15	Schwungscheibe; Winkelbeschleunigung, Umdrehungen		60
2.16	Rotierende Schleifenschwinge; Größe und Richtung der Beschleunigung		61
2.17	Roboter; Zylinderkoordinaten, Geschwindigkeitsvektor, Beschleunigungsvektor		62

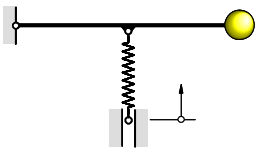
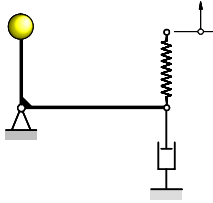
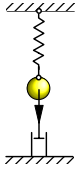
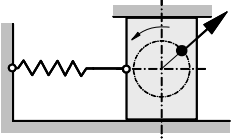
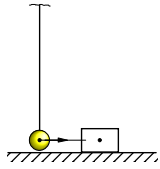
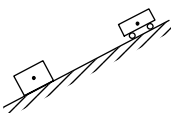
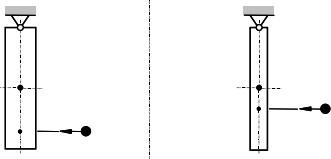
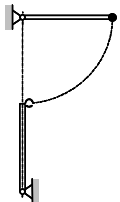
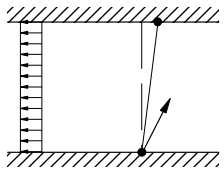
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
	<b>3 Kinematik des starren Körpers</b>		65
3.1	Rechtwinkliger Kreuzschieber; Geschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung		70
3.2	Dreieckscheibe; Geschwindigkeit, Momentanpol		72
3.3	Beschleunigte rollende Kreisscheibe; Beschleunigung und Beschleunigungsverlauf		73
3.4	Kette einer Planierraupe; Geschwindigkeiten und Beschleunigungen		75
	<b>4 Kinetik des Massenpunktes und der Massenpunktsysteme</b>		81
Beispiel	Massenpunkt auf rauher schiefer Ebene; Geschwindigkeit		86
4.1	Anschieben eines Autos; Beschleunigung		90
4.2	Antriebskraft einer Straßenbahn; Antriebskraft, Anfahrweg		90
4.3	Ebene Massenpunktbe- wegung in Parameterdar- stellung; verursachende Kräfte		91
4.4	Beschleunigte Bewegung und schiefe Ebene; Beschleunigung, Seilkraft		93
4.5	Drei miteinander verbundene Massen; Beschleunigung, Seilkraft		94
4.6	Bremmung eines Krans; Ausschlagwinkel, Seilkraft		96

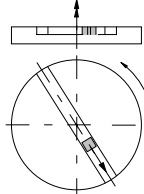
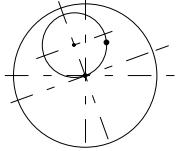
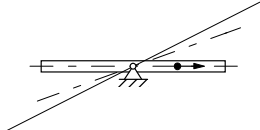
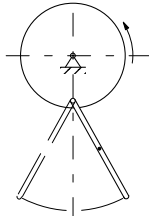
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
4.7	Fall eines Transportguts; Fallhöhe		97
4.8	Massenpunkt an kreisförmiger Wand; erforderliche Höhe		99
4.9	Massenpunkt auf rauher Unterlage; Geschwindigkeit		101
4.10	Sprung aus einem fahrenden Boot; Geschwindigkeiten		102
4.11	Arbeit eines Gepäckträgers; mechanische Arbeit		103
4.12	Aufprall eines beladenen Wagens; erforderliche Geschwindigkeit		103
4.13	Reibscheibenkupplung; Winkelgeschwindigkeit, Energieverlust		104
4.14	Abbremsung auf rauher Unterlage; erforderlicher Reibungskoeffizient		105
4.15	Bewegung auf rauher schiefer Ebene; Geschwindigkeit		106
4.16	Reibungsfreie horizontale Bewegung eines Massenpunktes; Geschwindigkeit		107
4.17	Fahrzeug auf glatter Fahrbahn, durchdrehende und blockierte Reifen; Geschwindigkeit, Zeit		108
4.18	Untersuchung einer Schiebehülse; Geschwindigkeit, Dissipationsenergie, Reibkraft		110

Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
	<b>5 Kinetik starrer Körper</b>		115
Beispiel	Walze auf geneigter Bahn; Geschwindigkeit		127
5.1	Rotierender L-förmig gebogener Körper; Massenträgheitsmomente, Lagerkräfte		130
5.2	Massenträgheitsmoment von Kreisringsegment mit konstanter Dicke; Massenträgheitsmomente		131
5.3	Massenträgheitsmoment einer homogenen Kugel; Massenträgheitsmoment		132
5.4	Auswuchten eines starren Rotors; notwendige Ausgleichsmassen		133
5.5	Gekoppelte Körper auf schiefer Ebene; Beschleunigung, Stangenkraft		137
5.6	Rollende Walze; Massenträgheitsmoment, Beschleunigung		139
5.7	Fördersystem aus Rollen und Seil; Beschleunigung, Seilkräfte		142
5.8	Schweres Seil auf Windentrommel; Drehzahl		145
5.9	System aus zwei Körpern und einer Rolle; Geschwindigkeit		146



Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
5.10	Drehbarer Stab; Winkelbeschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Lagerreaktionen		147
	<b>6 Schwingungen</b>		151
6.1	Taktmesser (Metronom); Schwingungsdauer		167
6.2	Rollschwinger; Eigenkreisfrequenz, Schwingungsdauer		167
6.3	Schwingsystem aus Kreisscheibe und Feder; Eigenkreisfrequenz, Schwingungsdauer		168
6.4	Scheibe mit Feder; Schwingungsdauer		169
6.5	Dünnere Stab mit Feder; Massenträgheitsmoment, Eigenkreisfrequenz		171
6.6	Schwingende Kreisscheibe; Eigenkreisfrequenz		172
6.7	Masse mit Balken und Stäben; Eigenkreisfrequenz		174
6.8	Feder-Masse-Dämpfer-System; Eigenkreisfrequenz, Schwingungsdauer		176
6.9	Ausschwingversuch; logarithmisches Dekrement, Dämpfungsgrad, Eigenkreisfrequenz, Federkonstante, Dämpfungskonstante		177

Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
6.10	Federkrafteerregtes System; Eigenkreisfrequenz, Bewegung und Amplitude		178
6.11	Harmonisch erregtes Federende; Schwingungsdifferentialgleichung, Phasenverschiebung, Vergrößerungsfunktion		179
6.12	Schwinger mit Erregerkraft; Erregerkreisfrequenz, Federkonstante		181
6.13	Unwuchterregte Maschine; Amplitude, Federkonstante		183
<b>7 Stoßvorgänge</b>			187
7.1	Stoß auf horizontaler Unterlage; Rückprallgeschwindigkeit, Weg		191
7.2	Stoß auf schiefer Ebene; Zeit zwischen erstem Zusammenprall und nächstem Zusammenstoß		192
7.3	Stoß gegen drehbar gelagerten Körper; Geschwindigkeiten, Kraftstoß, stoßfreies Lager		194
7.4	Stoß zwischen Pendel und drehbarem Stab; Winkelgeschwindigkeit		196
<b>8 Relativbewegung</b>			199
8.1	Mit dem Boot über einen Fluss; Vorhaltewinkel, Absolutgeschwindigkeit, Fahrzeit		203

Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
8.2	Gleitstein in radialer Führung einer rotierenden Scheibe; Absolutgeschwindigkeit, Beschleunigung		204
8.3	Kreisbewegung eines Punktes auf rotierender Scheibe; Geschwindigkeit, Beschleunigung		206
8.4	Radiale Punkt看egung auf einem drehbaren Stab; Absolutgeschwindigkeit, Beschleunigung		208
8.5	Fliehkraftpendel; Eigenkreisfrequenz, erforderliche Körperpendellänge		209

