



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
Düsseldorfer 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 Üebende, 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
Düsselderger Str. 23
42781 Haan-Gruiten
lektorat@europa-lehrmittel.de
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Inhaltsverzeichnis

0 Einleitung	1
<hr/>	
1 Kinematik der geradlinigen Bewegung eines Punktes	1
<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
2 Kinematik der krummlinigen Bewegung eines Punktes	29
<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

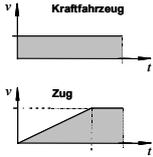
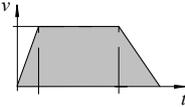
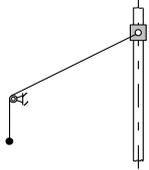
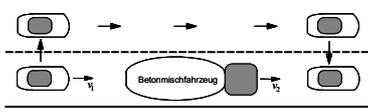
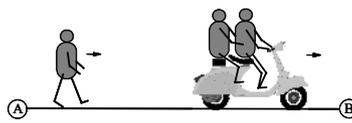
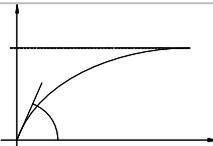
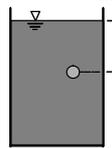
2.2 Aufgaben mit Lösungen	38
Aufgabe 2.1 Ebene Punktbewegung in Parameterdarstellung	38
Aufgabe 2.2 Bewegung des Schnittpunktes zweier Geraden	39
Aufgabe 2.3 Bewegungsanalyse eines Motorradsprungs	40
Aufgabe 2.4 Hubschrauberflug	42
Aufgabe 2.5 Steil- und Flachwurf	44
Aufgabe 2.6 Räumliche Bahnkurve	45
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
3 Kinematik des starren Körpers	65
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 Planierraupe	75
3.3 Fragen und Antworten	78
4 Kinetik des Massenpunktes und der Massenpunktsysteme	81
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

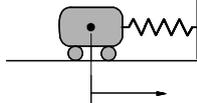
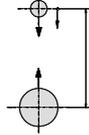
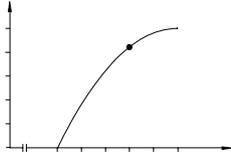
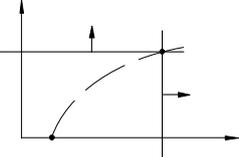
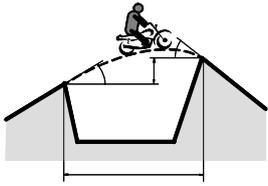
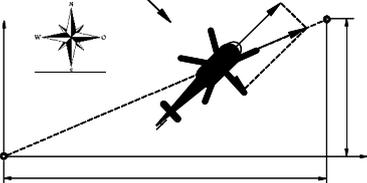
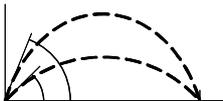
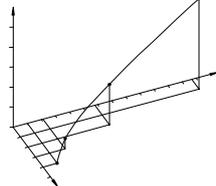
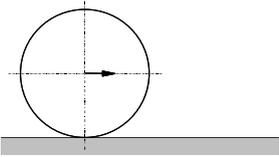
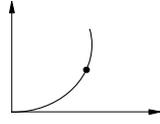
4.1.6	Schwerpunktsatz, Impulssatz, Drallsatz beim Massenpunktsystem	87
4.2	Aufgaben mit Lösungen	90
Aufgabe 4.1	Anschieben eines Autos	90
Aufgabe 4.2	Antriebskraft einer Straßenbahn	90
Aufgabe 4.3	Ebene Massenpunktbewegung in Parameterdarstellung	91
Aufgabe 4.4	Beschleunigte Bewegung und schiefe Ebene	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
5	Kinetik starrer Körper	115
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

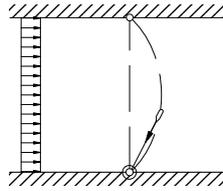
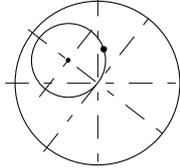
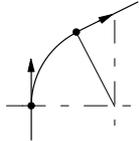
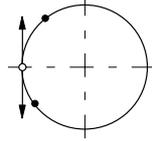
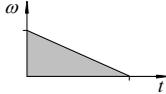
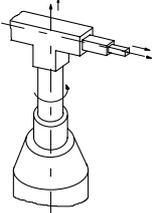
Aufgabe 5.6	Rollende Walze	139
Aufgabe 5.7	Fördersystem aus Rollen und Seil	142
Aufgabe 5.8	Schweres Seil auf Windentrommel	145
Aufgabe 5.9	System aus zwei Körpern und einer Rolle	146
Aufgabe 5.10	Drehbarer Stab	147
5.3	Fragen und Antworten	149
6	Schwingungen	151
6.1	Grundbegriffe und Formeln	151
6.1.1	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
7	Stoßvorgänge	187
7.1	Grundbegriffe und Formeln	187
7.2	Aufgaben mit Lösungen	191
Aufgabe 7.1	Stoß auf horizontaler Unterlage	191

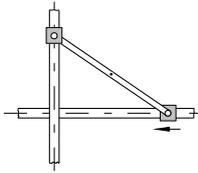
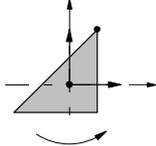
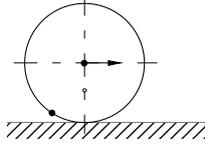
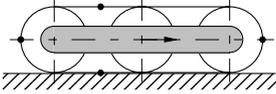
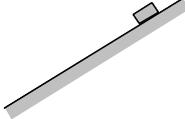
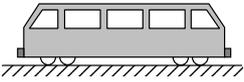
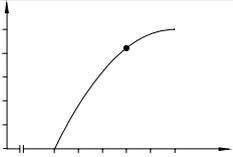
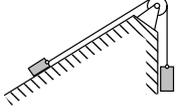
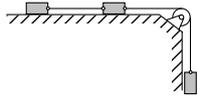
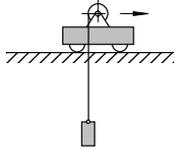
Aufgabe 7.2	Stoß auf schiefer Ebene	192
Aufgabe 7.3	Stoß gegen drehbar gelagerten Körper	194
Aufgabe 7.4	Stoß zwischen Pendel und drehbarem Stab	196
7.3	Fragen und Antworten	198
8	Relativbewegung	199
8.1	Grundbegriffe und Formeln	199
8.2	Aufgaben mit Lösungen	203
Aufgabe 8.1	Mit dem Boot über einen Fluss	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 Punktbeugung auf einem drehbaren Stab	208
Aufgabe 8.5	Fliehkraftpendel	209
8.3	Fragen und Antworten	211
Leitlinien zum Lösen von Aufgaben aus Kinematik und Kinetik		212
Anhang: Zusammenstellung der Formeln (Formelsammlung)		214
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

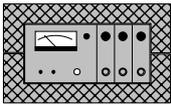
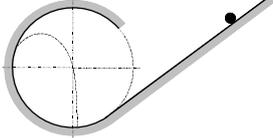
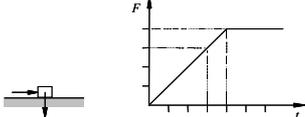
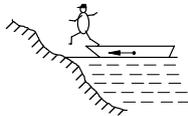
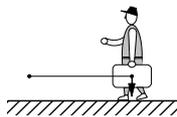
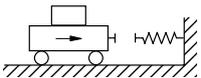
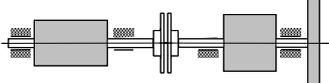
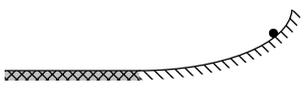
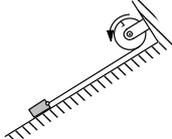
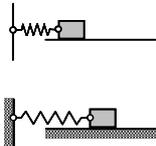
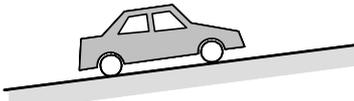
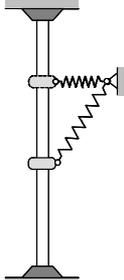
Einige Grundlagen und Formeln aus der Statik	248
S1 Kräfte, Lagerungen, Freimachen, Axiome, Schnittprinzip	248
S2 Zentrales Kräftesystem	253
S3 Allgemeines Kräftesystem	256
S4 Ebenes Fachwerk	259
S5 Schnittgrößen am Balken	261
S6 Schwerpunkt	263
S7 Haftung und Reibung	267
S8 Biegeschlaffes Seil	268
Einige Grundbegriffe und Formeln der Festigkeitslehre	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
Literatur	300
<hr/>	
Sachwortverzeichnis	301
<hr/>	

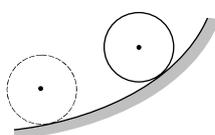
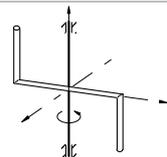
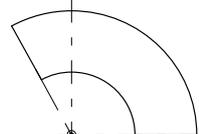
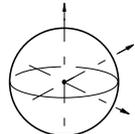
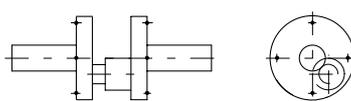
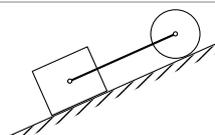
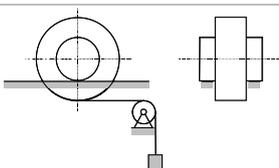
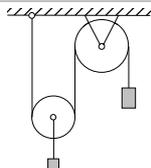
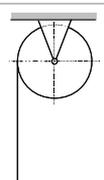
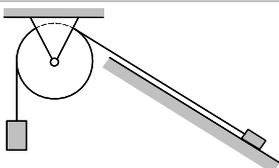
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
	1 Kinematik der geradlinigen Bewegung eines Punktes		1
1.1	Freier Fall; Geschwindigkeit, Fallzeit, kinematische Diagramme		5
1.2	Bewegung von Zug und Kraftfahrzeug; Geschwindigkeit, Zeit		6
1.3	Geradlinige Bewegung eines Fahrzeugs; Geschwindigkeit, kinematische 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

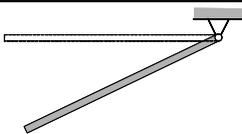
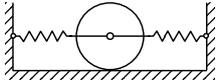
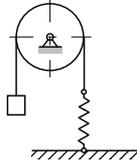
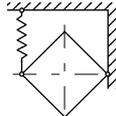
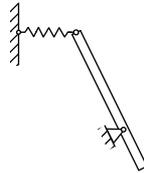
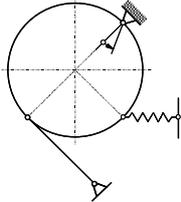
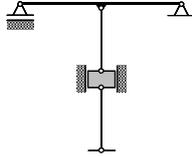
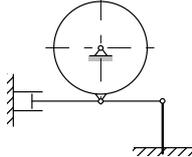
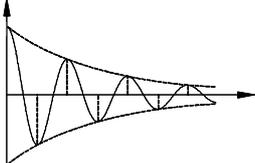
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
1.12	Bewegungsgleichung eines Feder-Massen-Schwingers; Weg, Geschwindigkeit		23
1.13	Freier Fall aus großer Höhe; Aufschlaggeschwindigkeit		24
2 Kinematik der krummlinigen Bewegung eines Punktes			29
2.1	Ebene Punkt看egung in Parameterdarstellung; Beschleunigungen, 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

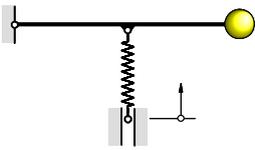
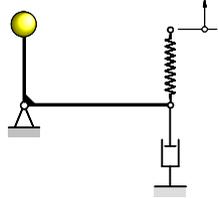
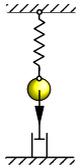
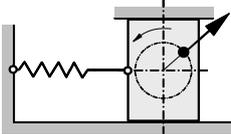
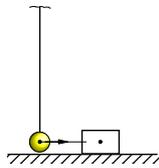
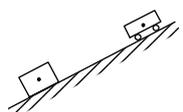
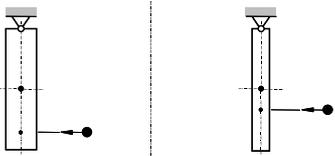
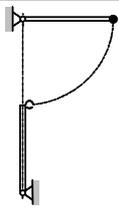
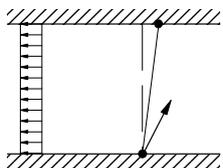
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
2.9	Ziehen eines Bootes über einen Kanal; Bahnkurve des Bootes		51
2.10	Kreisbewegung eines Punktes auf rotierender Scheibe; Geschwindigkeit, Beschleunigung		53
2.11	Kreisbewegung eines Punktes; Geschwindigkeit-Zeit-Funktion		54
2.12	Kreisförmige Kurvenfahrt eines 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

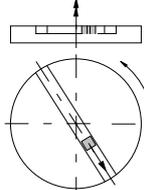
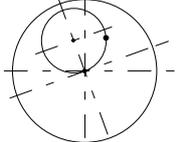
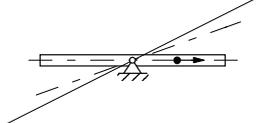
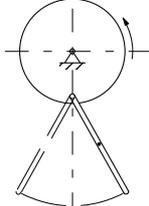
Aufgabe	Erläuterung	"Info"-Bild	Seite
	3 Kinematik des starren Körpers		65
3.1	Rechtwinkliger Kreuzschieber; Geschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung		70
3.2	Dreieckscheibe; Geschwindigkeit, Momentanpol		72
3.3	Beschleunigte rollende Kreisscheibe; Beschleunigung und Beschleunigungsverlauf		73
3.4	Kette einer Planierraupe; Geschwindigkeiten und Beschleunigungen		75
	4 Kinetik des Massenpunktes und der Massenpunktsysteme		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
	5 Kinetik starrer Körper		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
	6 Schwingungen		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
	7 Stoßvorgänge		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
	8 Relativbewegung		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 Punktbewegung auf einem drehbaren Stab; Absolutgeschwindigkeit, Beschleunigung		208
8.5	Fliehkraftpendel; Eigenkreisfrequenz, erforderliche Körperpendellänge		209

