

Schwingungsprobleme im Bauwesen

Einführung in die Schwingungsberechnung von Baukonstruktionen

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Luz

Mit 93 Bildern



Kontakt & Studium
Band 397

Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bartz
Technische Akademie Esslingen
Weiterbildungszentrum
DI Elmar Wippler
expert verlag

expert  verlag

Inhaltsverzeichnis

Herausgeber-Vorwort
Autoren-Vorwort

1.	Einführung in die analytische Mechanik	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Kinematik der Massenpunktsysteme und der starren Körper	3
1.2.1	Freie Massenpunktsysteme	3
1.2.2	Einige Grundtatsachen aus Vektor- und Tensorrechnung	4
1.2.3	Bindungen oder Zwangsbedingungen	22
1.2.4	Kinematik des starren Körpers	29
1.3	Kinetik der Massenpunktsysteme und der starren Körper	47
1.3.1	Das Newtonsche Grundgesetz und das Prinzip von D'Alembert	47
1.3.2	Die Lagrangeschen Gleichungen erster Art	52
1.3.3	Einige grundlegende Beziehungen der Variationsrechnung	56
1.3.4	Die Lagrangeschen Gleichungen zweiter Art	60
1.3.5	Kinetik des starren Körpers	65
1.3.6	Integrale der Lagrangeschen Gleichungen	74
1.4	Die Hamiltonsche Mechanik	77
1.4.1	Die Hamiltonschen Gleichungen	77
1.4.2	Die kanonische Transformation und die Differentialgleichungen von Hamilton und Jacobi	80
1.5	Weitere Prinzipien der Mechanik	85
1.5.1	Das Hamiltonsche Prinzip	86
1.5.2	Das Gaußsche Prinzip des kleinsten Zwanges	89
2.	Schwinger mit einem Freiheitsgrad	92
2.1	Grundbegriffe und Übersicht über die auftretenden Phänomene	92
2.1.1	Kennzeichnung von Schwingungen	92
2.1.2	Das Ausschlag-Zeit-Diagramm	93
2.1.3	Harmonische Schwingungen, Vektorbild und komplexe Darstellung	94

2.1.4	Phasenkurven und Phasenporträt	99
2.2	Klassische Lösung der Bewegungsgleichungen linearer Schwinger	102
2.2.1	Eigenschwingungen	102
2.2.2	Erzwungene Schwingungen	117
2.3	Integraldarstellung der Lösung der Schwingungsdifferentialgleichung	130
2.3.1	Stoßerregung eines Schwingers mit einem Freiheitsgrad	131
2.3.2	Integraldarstellung der Lösung der Schwingungsdifferentialgleichung	135
2.4	Beispiele nichtlinearer Schwinger mit einem Freiheitsgrad	141
2.4.1	Allgemeines	141
2.4.2	Elastischer Schwinger mit nichtlinearer Federkennlinie	142
2.4.3	Schwinger mit elastisch-plastischer Kennlinie für die Rückstellkraft	149
3.	Schwinger mit endlich vielen Freiheitsgraden	159
3.1	Bewegungsgleichungen zweiter Ordnung bei ungedämpften Systemen mit endlich vielen Freiheitsgraden	159
3.1.1	Klassische Lösung des Differentialgleichungssystems zweiter Ordnung	164
3.1.2	Beispiele zu den ungedämpften Systemen mit f Freiheitsgraden	169
3.1.3	Integraldarstellung der Lösung bei f Freiheitsgraden	192
3.1.4	Beispiel zur Matrix der Impulsantworten	196
3.2	Bewegungsgleichungen zweiter Ordnung gedämpfter Schwinger mit f Freiheitsgraden	198
3.2.1	Allgemeine Form der Dämpfungsmatrix. Klassische Lösung	199
3.2.2	Spezieller Aufbau der Dämpfungsmatrix	202
3.2.3	Matrix der Impulsantworten und Integraldarstellung der Lösung bei gedämpften Schwingern mit f Freiheitsgraden	205
3.2.4	Beispiele gedämpfter Schwinger	211
3.3	Gyroskopische Terme	215
3.4	Zur „Theorie 2. Ordnung“ am Beispiel des Einflusses von Normalkräften auf Eigenfrequenzen	221
3.4.1	Beispiel, Ermittlung der geometrischen Steifigkeitsmatrix und ihr Einfluß auf die Eigenfrequenzen	223
3.4.2	Beispiel, näherungsweise Bestimmung der Stabilitätsgrenze	225

√ 4.	Schwingungen von Stäben	228
4.1	Stablängsschwingungen	228
4.2	Torsionsschwingungen von Stäben	236
4.3	Biegeschwingungen von Stäben	237
4.3.1	Biegewellen	239
4.3.2	Lösung der homogenen Differentialgleichung der Biegeschwingungen und Anpassung an die Randbedingungen	240
4.3.3	Anpassung der Lösung an die Anfangsbedingungen	249
4.3.4	Lösung der inhomogenen Differentialgleichung der Biegeschwingungen am Beispiel des Balkens auf zwei Stützen	252
√ 5.	Bewegungsgleichung des Schwingers mit f Freiheitsgraden als Differentialgleichungssystem 1. Ordnung	261
√ 5.1	Darstellung eines schwingungsfähigen Systems mit f Freiheitsgraden als Differentialgleichungssystem 1. Ordnung	261
5.2	Lösung des Differentialgleichungssystems 1. Ordnung	263
5.2.1	Berechnung der Matrizenfunktion e^{At}	264
5.2.2	Lösung des homogenen Systems 1. Ordnung	267
5.2.3	Lösung des inhomogenen Systems 1. Ordnung	268
5.2.4	Weitere Eigenschaften der Matrix e^{At}	270
5.2.5	Beispiele	272
5.3	Zur Stabilität dynamischer Systeme	283
5.3.1	Stabilitätskriterien	285
5.3.2	Stabilitätsaussagen für Systeme zweiter Ordnung	289
5.3.3	Beispiele	290
6.	Methoden zur numerischen Lösung der Eigenwertaufgabe	297
6.1	Direkte Methode	297
6.2	Iterationsmethode nach Jacobi	299
6.3	Vektoriteration nach v. Mises, Spektralverschiebung und gebrochene Iteration	304
6.3.1	Vektoriteration	304
6.3.2	Die gebrochene Iteration	306
6.3.3	Spektralverschiebung und gebrochene Iteration	307
	Literaturhinweise	313
	Sachregister	315