

Angewandte Baudynamik

Grundlagen und Praxisbeispiele

Helmut Kramer

Krnst&Sohn
Wiley Company

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	VII
1 Einführung	1
1.1 Gliederung und Formelzeichen	1
1.2 Umrechnung von Dimensionen	4
2 Besonderheiten der Baudynamik	5
2.1 Baustatik und Baudynamik	5
2.2 Die „sichere Seite“	6
2.3 Schwingungsmessungen	6
2.4 Fernwirkung	7
2.5 Dämpfung und Duktilität	7
2.6 Die statische Ersatzlast	7
2.7 Maschinendynamik	8
2.8 Schäden	8
3 Technische Regeln in der Baudynamik	9
3.1 Allgemeines	9
3.2 Hamburgische Bauordnung (Auszug)	9
3.3 Bundes-Immissionsschutzgesetz (Auszug)	10
3.4 Technische Baubestimmungen	10
3.5 Normen	11
3.6 Richtlinien und Empfehlungen	11
3.7 Internationale technische Regeln	12
3.8 Allgemein anerkannte Regeln der Technik	13
4 Begriffe und Kenngrößen	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Zeitabhängigkeit	15
4.2.1 Periodische Einwirkungen	15
4.2.2 Harmonische Einwirkungen	16
4.2.3 Nichtharmonische Einwirkungen	20
4.2.4 Nichtperiodische Einwirkungen	24

4.3	Masse	25
4.3.1	Schwere Masse	25
4.3.2	Träge Masse	27
4.3.3	Allgemeines Gravitationsgesetz	28
4.4	Steifigkeit	32
4.4.1	Allgemeines	32
4.4.2	Stahlfedern	34
4.4.3	Stützen	35
4.4.4	Pfahlgründungen	36
4.4.5	Statisch bestimmter Balken	37
4.4.6	Elastische Matten	38
4.4.7	Luftfedern	40
4.4.8	Federkombinationen	42
4.4.9	Vorgespannte Schrauben	44
4.5	Anwendungsbeispiele	45
4.5.1	Pfahlbock aus zwei Pfählen mit gleicher Neigung	45
4.5.2	Pfahlbock aus einem geneigten und einem lotrechten Pfahl	47
5	Bewegungen starrer Körper	49
5.1	Allgemeines	49
5.2	Reine Translation	49
5.2.1	Schwerpunktsatz	49
5.2.2	Impulssatz	50
5.2.3	Impulserhaltungssatz	51
5.3	Reine Rotation	51
5.3.1	Drallsatz	51
5.3.2	Drallerhaltungssatz	53
5.4	Massenträgheitsmoment	53
5.5	Wuchtgüte von Maschinen	56
5.6	Anwendungsbeispiele	59
5.6.1	Krängungswinkel bei seitlicher Schiffsanfahrung	59
5.6.2	Stabilität eines schwimmenden Körpers	62
6	Stoßvorgänge	63
6.1	Der harte Stoß	63
6.1.1	Allgemeines	63
6.1.2	Aufprall	63
6.1.3	Anprall	68
6.1.4	Zusammenstoß zweier Körper	71
6.2	Der weiche Stoß	77
6.3	Konstruktiver Explosionsschutz	78
6.3.1	Allgemeines	78
6.3.2	Stoßfunktion infolge Explosion	79
6.3.3	Vorgehensweise	81

6.3.4	Traglastverfahren	82
6.3.5	Dynamisches Modell zur Berechnung plastischer Verformungen	83
6.3.6	Bemessung und Ausführung	85
6.3.7	Beispiel Fassadenstütze	86
6.4	Anwendungsbeispiele	88
6.4.1	Elastischer Einpfahldalben	88
6.4.2	Plastischer Anfahrpoller	93
6.4.3	Bungee-Springen	98
6.4.4	Duktile Stahlbetontragwerke	101
7	Freie Schwingungen	105
7.1	Allgemeines	105
7.2	Systeme mit einem Freiheitsgrad	105
7.2.1	Der Einmassenschwinger	105
7.2.2	Differentialgleichung	106
7.2.3	Eigenfrequenz der freien ungedämpften Schwingung	106
7.2.4	Reduzierte Massen	110
7.3	Systeme mit mehreren Freiheitsgraden	112
7.3.1	Der ungedämpfte Zweimassenschwinger	112
7.3.2	Elastisch gestützte starre Scheibe	114
7.4	Homogene Systeme	118
7.4.1	Allgemeines	118
7.4.2	Stehende Wellen	119
7.4.3	Eigenfrequenzen ungedämpfter Systeme	124
7.4.4	Näherungsverfahren	127
7.4.5	Biegeeigenfrequenz mit Normalkraft	128
7.5	Anwendungsbeispiele	130
7.5.1	Maschinenfundament auf einzelnen Federn	130
7.5.2	Nichtlinearität bei Stahlbetontragwerken	137
8	Erzwungene Schwingungen	143
8.1	Allgemeines	143
8.2	Systeme mit einem Freiheitsgrad	145
8.2.1	Direkte konstante Anregung – kraftgesteuerte Vorgänge	145
8.2.2	Direkte konstante Anregung – weggesteuerte Vorgänge	154
8.2.3	Dynamische Kräfte bei Kurbeltrieb	155
8.2.4	Impedanzen	158
8.2.5	Direkte quadratische Anregung – Fliehkräfte	162
8.2.6	Selbstzentrierung im überkritischen Bereich	164
8.2.7	Passive Schwingungsisolierung – indirekte Anregung	165
8.2.8	Aktive Schwingungsisolierung – direkte Anregung	168
8.2.9	Aktive Schwingungsisolierung – indirekte Anregung	170
8.2.10	Isolierwirkungsgrad	171
8.2.11	Resonanzüberhöhung in dB	172

8.3	Der Zweimassenschwinger	175
8.3.1	Allgemeines	175
8.3.2	Der Zweimassenschwinger als Schwingungstilger/-dämpfer	176
8.3.3	Der Zweimassenschwinger als Maschinenfundament	181
8.4	Lösungswege der Baudynamik bei periodischer Anregung	192
8.5	Anwendungsbeispiele	192
8.5.1	Schwingungsdämpfer für eine Fußgängerbrücke	192
8.5.2	Ermüdungsfestigkeit bei Schmelzofenschwingungen	195
8.5.3	Schwingungsanfällige Stahlbrücken	201
9	Amplitudenreduktion	217
9.1	Allgemeines	217
9.2	Amplitudenreduktion an der Quelle	217
9.3	Amplitudenreduktion auf der Übertragungsstrecke	217
9.4	Amplitudenreduktion am Empfänger	217
9.4.1	Amplitudenreduktion im resonanzfernen Bereich	218
9.4.2	Amplitudenreduktion im resonanznahen Bereich	218
9.5	Dissipative Dämpfung	218
9.5.1	Überblick	218
9.5.2	Rheologische Modelle	219
9.5.3	Ausschwingversuch	221
9.5.4	Resonanzversuch	224
9.5.5	Hysterese-Kurve	225
9.5.6	Fluidreibung	230
9.6	Anwendungsbeispiele	231
9.6.1	Dämpfungsberechnung aus einem Ausschwingversuch	231
9.6.2	Dämpfungsberechnung aus einer Hysterese-Kurve	234
10	Menscheninduzierte Schwingungen	237
10.1	Allgemeines	237
10.2	Anregungsspektrum	237
10.3	Dimensionierungsfälle	239
10.4	Erzwungene Schwingungen	243
10.5	Zumutbare Amplituden	245
11	Einführung in die Baugrunderdynamik	247
11.1	Allgemeines	247
11.2	Wellenausbreitung	248
11.2.1	Allgemeines	248

11.2.2	Fortlaufende Wellen	249
11.2.3	Wellenarten	253
11.2.4	Wellengleichung	256
11.2.5	Energietransport	257
11.2.6	Abschirmung durch vertikale Schlitzkonstruktionen	258
11.2.7	Ausbreitung von Rammerschütterungen	261
11.3	Boden-Bauwerk Wechselwirkung	263
11.3.1	Modellbildung	263
11.3.2	Federsteifigkeiten und Dämpfungen starrer Fundamente	263
11.3.3	Indirekte Anregung durch Bodenwellen	265
11.3.4	Abstimmungsregel für Fundamente	268
11.4	Erschütterungsbedingte Sackungen	270
11.5	Anwendungsbeispiele	272
11.5.1	Auswirkung einer Sprengung auf eine verankerte Spundwand	272
11.5.2	Auswirkung einer Sprengung auf eine Windkraftanlage	276
12	Anforderungen an den Erschütterungsschutz	281
12.1	Allgemeines	281
12.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	282
12.3	Einwirkungen auf Menschen	283
12.3.1	Allgemeines	283
12.3.2	Menschen in Gebäuden	284
12.3.3	Menschen am Arbeitsplatz	287
12.3.4	Schädliche und heilende Humanschwingungen	288
12.4	Einwirkungen auf empfindliche Geräte	289
13	Schwingungsmessungen	293
13.1	Motivation	293
13.2	Einleitung	294
13.3	Anregung von Schwingungen	295
13.3.1	Anregung von Schwingungen für Schwingungsmessungen	295
13.3.2	Aktive Schwingungsbeeinflussung (Aktuatoren)	298
13.4	Aufbau einer Messkette	299
13.5	Schwingungsaufnehmer	300
13.5.1	Allgemeines	300
13.5.2	Zweck	300
13.5.3	Mechanisches Grundprinzip	300
13.5.4	Arbeitsweise	304
13.6	Durchführung von normgerechten Schwingungsmessungen	309
13.7	Beispiele für gemessene Freifeldschwingungen	312

Fazit	315
Literaturverzeichnis	317
Stichwortverzeichnis	321