

Helmut Kramer

Angewandte Baudynamik

**Grundlagen und Beispiele
für Studium und Praxis**



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	VII
1 Gliederung und Formelzeichen	1
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	31
4.4.1	Allgemeines	31
4.4.2	Stahlfedern	33
4.4.3	Stützen, Pfähle	34
4.4.4	Statisch bestimmter Balken	35
4.4.5	Elastische Matten	36
4.4.6	Luftfedern	38
4.4.7	Federkombinationen	40
4.4.8	Vorgespannte Schrauben	42
4.5	Anwendungsbeispiele	43
4.5.1	Pfahlbock aus zwei Pfählen mit gleicher Neigung	43
4.5.2	Pfahlbock aus einem geneigten und einem lotrechten Pfahl	44
5	Bewegungen starrer Körper	47
5.1	Allgemeines	47
5.2	Reine Translation	47
5.2.1	Schwerpunktsatz	47
5.2.2	Impulssatz	48
5.2.3	Impulserhaltungssatz	49
5.3	Reine Rotation	49
5.3.1	Drallsatz	49
5.3.2	Drallerhaltungssatz	51
5.4	Massenträgheitsmoment	51
5.5	Wuchtgüte von Maschinen	54
5.6	Anwendungsbeispiele	57
5.6.1	Krängungswinkel bei seitlicher Schiffsanfahrung	57
5.6.2	Stabilität eines schwimmenden Körpers	60
6	Stoßvorgänge	61
6.1	Der harte Stoß	61
6.1.1	Allgemeines	61
6.1.2	Aufprall	61
6.1.3	Anprall	66
6.1.4	Zusammenstoß zweier Körper	69
6.2	Der weiche Stoß	75
6.3	Anwendungsbeispiele	76
6.3.1	Elastischer Einfahldalben	76
6.3.2	Plastischer Anfahrpoller	82
6.3.3	Bungee-Springen	87

7	Freie Schwingungen	91
7.1	Allgemeines	91
7.2	Systeme mit einem Freiheitsgrad	91
7.2.1	Der Einmassenschwinger	91
7.2.2	Differentialgleichung	91
7.2.3	Eigenfrequenz der freien ungedämpften Schwingung	92
7.2.4	Reduzierte Massen	96
7.3	Systeme mit mehreren Freiheitsgraden	98
7.3.1	Der ungedämpfte Zweimassenschwinger	98
7.3.2	Elastisch gestützte starre Scheibe	100
7.4	Homogene Systeme endlicher Länge	104
7.4.1	Allgemeines	104
7.4.2	Eigenfrequenzen für ungedämpfte Systeme	104
7.4.3	Näherungsverfahren	106
7.4.4	Biegeeigenfrequenz mit Normalkraft	107
7.5	Anwendungsbeispiele	109
7.5.1	Maschinenfundament auf einzelnen Federn	109
7.5.2	Nichtlinearität bei Stahlbetontragwerken	117
8	Erzwungene Schwingungen	123
8.1	Allgemeines	123
8.2	Systeme mit einem Freiheitsgrad	125
8.2.1	Direkte konstante Anregung – kraftgesteuerte Vorgänge	125
8.2.2	Direkte konstante Anregung – weggesteuerte Vorgänge	133
8.2.3	Impedanzen	133
8.2.4	Direkte quadratische Anregung – Fliehkräfte	134
8.2.5	Selbstzentrierung im überkritischen Bereich	136
8.2.6	Passive Schwingungsisolierung – indirekte Anregung	137
8.2.7	Aktive Schwingungsisolierung – direkte Anregung	141
8.2.8	Aktive Schwingungsisolierung – indirekte Anregung	142
8.2.9	Isolierungswirkungsgrad	144
8.2.10	Resonanzüberhöhung in dB	145
8.3	Der Zweimassenschwinger	147
8.3.1	Allgemeines	147
8.3.2	Der Zweimassenschwinger als Schwingungstilger/-dämpfer	148
8.3.3	Der Zweimassenschwinger als Maschinenfundament	152
8.4	Lösungswege der Baudynamik bei periodischer Anregung	160
8.5	Anwendungsbeispiele	160
8.5.1	Schwingungsdämpfer für eine Fußgängerbrücke	160
8.5.2	Ermüdungsfestigkeit bei Schmelzofenschwingungen	163

9	Amplitudenreduktion	171
9.1	Allgemeines	171
9.2	Amplitudenreduktion an der Quelle	171
9.3	Amplitudenreduktion auf der Übertragungsstrecke	171
9.4	Amplitudenreduktion am Empfänger	171
9.4.1	Amplitudenreduktion im resonanzfernen Bereich	172
9.4.2	Amplitudenreduktion im resonanznahen Bereich	172
9.5	Dissipative Dämpfung	172
9.5.1	Überblick	172
9.5.2	Rheologische Modelle	173
9.5.3	Ausschwingversuch	175
9.5.4	Resonanzversuch	178
9.5.5	Hysterese-Kurve	179
9.5.6	Fluidreibung	183
9.6	Anwendungsbeispiele	184
9.6.1	Dämpfungsberechnung aus einem Ausschwingversuch	184
9.6.2	Dämpfungsberechnung aus einer Hysterese-Kurve	187
10	Menscheninduzierte Schwingungen	189
10.1	Allgemeines	189
10.2	Anregungsspektrum	189
10.3	Dimensionierungsfalle	191
10.4	Erzwungene Schwingungen	195
10.5	Zumutbare Amplituden	197
11	Einführung in die Baugrunddynamik	199
11.1	Allgemeines	199
11.2	Elastodynamik	200
11.2.1	Allgemeines	200
11.2.2	Ausbreitungsgeschwindigkeiten	201
11.2.3	Wellenarten	203
11.2.4	Wellengleichung	206
11.2.5	Energietransport	207
11.2.6	Abschirmwirkung einer Schlitzwand	208
11.2.7	Ausbreitung von Rammerschütterungen	210
11.3	Boden-Bauwerk Wechselwirkung	212
11.3.1	Modellbildung	212
11.3.2	Federsteifigkeiten und Dämpfungen starrer Fundamente	212
11.3.3	Indirekte Anregung durch Bodenwellen	214
11.3.4	Abstimmungsregel für Fundamente	217

11.4	Plastodynamik	219
11.5	Anwendungsbeispiele	220
11.5.1	Auswirkung einer Sprengung auf eine verankerte Spundwand	220
11.5.2	Auswirkung einer Sprengung auf eine Windkraftanlage	224
12	Anforderungen an den Erschütterungsschutz	229
12.1	Allgemeines	229
12.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	230
12.3	Einwirkungen auf Menschen	231
12.3.1	Allgemeines	231
12.3.2	Menschen in Gebäuden	232
12.3.3	Menschen am Arbeitsplatz	235
12.3.4	Schädliche und heilende Humanschwingungen	236
12.4	Einwirkungen auf empfindliche Geräte	237
13	Schwingungsmessungen	241
13.1	Motivation	241
13.2	Einleitung	242
13.3	Anregung von Schwingungen	242
13.3.1	Anregung von Schwingungen für Schwingungsmessungen	242
13.3.2	Aktive Schwingungsbeeinflussung (Aktuatoren)	245
13.4	Aufbau einer Messkette	246
13.5	Schwingungsaufnehmer	247
13.5.1	Allgemeines	247
13.5.2	Zweck	247
13.5.3	Mechanisches Grundprinzip	247
13.5.4	Arbeitsweise	251
13.6	Durchführung von normgerechten Schwingungsmessungen	256
13.7	Beispiele für gemessene Freifeldschwingungen	259
Fazit	262
Literaturverzeichnis	263
Stichwortverzeichnis	267

DVD – Baudynamik erlebbar machen

Filmausschnitte aus den Experimenten in der Versuchshalle des Instituts für Massivbau, TU Hamburg-Harburg, zu den im Buch behandelten Beispielen.

1. Titel
2. Aufprall
3. Anprall
4. Eigenfrequenzen
5. Harmonische Anregung
6. Selbstzentrierung
7. Transiente Wellen
8. Rayleighwellen
9. Passive Isolierung
10. Anhang