

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Bauwerksdynamik	1
1.1 Der Ein-Massen-Schwinger	2
1.1.1 Formulierung der Bewegungsgleichung	2
1.1.2 Freies Ausschwingen	3
1.1.3 Harmonische Anregung	9
1.1.4 Impulsartige Anregung	18
1.2 Das Pendel	19
1.3 Der einfache Balken	21
1.4 Rechteck-Platten	25
2 Grundlagen der Baugruddynamik	27
2.1 Eigenschaften des Baugrundes unter dynamischer Belastung	28
2.1.1 Zusammensetzung	29
2.1.2 Geometrie	29
2.1.3 Wellengeschwindigkeit	30
2.1.4 Steifigkeit und Dämpfung	31
2.2 Wellenausbreitung	32
2.3 Eindimensionale Wellenausbreitung	32
2.3.1 Wellenausbreitung im elastischen Raum	37
2.3.2 Wellenausbreitung im elastischen Halbraum	39
2.4 Praktische Lösungsansätze	41
2.4.1 Ein-Massen-Schwinger-Modelle	41
2.4.2 Empirische Methoden	42
2.4.3 FE-Modelle	43
2.5 Maschinenfundamente	44
2.5.1 Ein-Massen-Schwinger-Modell	44
2.5.2 Impedanzfunktionen	46

2.6	Erdbebenprobleme	49
2.6.1	Erschütterungsverstärkung durch den Baugrund	49
2.6.2	Dynamischer Erddruck	50
2.6.3	Dynamische Böschungsstabilität	51
	Literatur	52
3	Erschütterungsmessung im Bauwesen	53
3.1	Sensoren	54
3.1.1	Geschwindigkeits-Sensor	54
3.1.2	Beschleunigungs-Sensor	55
3.1.3	Weg-Sensor	56
3.1.4	Messbereiche und Empfindlichkeit	57
3.2	Digitale Signalverarbeitung	58
3.2.1	Die Messkette am Beispiel des MR 2002 CE	58
3.2.2	Auswertung im Zeitbereich	60
3.2.3	Maximalwerte und gleitende Mittelwerte	60
3.2.4	Auswertung im Frequenzbereich	64
3.3	Anwendungen	69
3.3.1	Baustellenüberwachung	69
3.3.2	Eisenbahnerschütterungen	73
3.3.3	Fußgängerbrücken	75
3.3.4	Kirchtürme	78
3.3.5	Hochempfindliche Anlagen	80
3.3.6	Staumauern	83
4	Erschütterungsausbreitung beim Schienenverkehr	87
4.1	Grundlagen aus der Physik	90
4.1.1	Wellenausbreitung im Boden	90
4.2	Ankopplung	92
4.2.1	Deckenschwingung	93
4.2.2	Körperschall	94
4.2.3	Terzbandspektren	96
4.3	Messungen als Grundlage für die Prognose	97
4.3.1	Messkonzept	98
4.3.2	Datenauswertung	98
4.4	Das Faktoren-Modell	99
4.4.1	Berechnungsablauf	99
4.4.2	Quellparameter und Transferfaktoren	101
4.5	Korrelation zwischen den charakteristischen Größen	106
4.6	Das Terzspektren-Modell	107
4.6.1	Berechnungsablauf	107
4.6.2	Quell- und Transferspektren	109

4.6.3	Transferspektren für Gebäudelagerung	113
4.7	Zuverlässigkeit von Prognoserechnungen	114
5	Fußgängerbrücken	119
5.1	Schwingungsverhalten von Fußgängerbrücken	120
5.2	Schwingungsanregung durch Menschen	124
5.2.1	Vertikale Anregung	125
5.2.2	Horizontale Anregung	126
5.2.3	Synchronisation und räumliche Verteilung	127
5.2.4	Kritische Frequenzen	127
5.2.5	Unterschiede zwischen vertikaler und horizontaler Anregung	128
5.3	Formulierung der Belastungsfunktion	129
5.3.1	Theoretische Betrachtungen	129
5.3.2	Belastungsfunktion für vertikale Anregung	130
5.3.3	Belastungsfunktion für horizontale Anregung	130
5.4	Berechnungsmethoden	133
5.4.1	Handrechnung	133
5.4.2	FE-Berechnung	134
5.5	Schwingungstilger	135
5.6	Akzeptanz-Kriterien	137
5.7	Testverfahren	138
5.7.1	Bestimmung der Eigenfrequenz und der Dämpfung	138
5.7.2	Anregung durch Personen	139
5.8	Beispiele	139
	Literatur	154
6	Dynamik der Glockentürme	155
6.1	Dynamik der Glockenschwingung	156
6.2	Schwingungsmessungen am Glockenturm	158
6.2.1	Turm-Eigenfrequenz	159
6.2.2	Maximale Schwingstärke	160
6.3	Dynamisches Verhalten von 18 Glockentürmen	161
6.4	Reduktion der Turmschwingung	164
6.5	Zulässige Turmschwingungen	165
6.6	Fazit	165
	Literatur	167
7	Schwingende Balkone	169
7.1	Analytisches Modell	170
7.2	Beispiele	175
7.3	Schlussfolgerung	178

8 Erschütterungsüberwachung	181
8.1 Von der Quelle zum Empfänger	182
8.1.1 Erschütterungsquellen	182
8.1.2 ES-Empfänger	184
8.1.3 Übertragungsweg	185
8.2 Messung von ES-Immissionen	187
8.2.1 Messgrößen	187
8.2.2 Auswertung im Zeitbereich	188
8.2.3 Auswertung im Frequenzbereich	190
8.2.4 Messort	191
8.2.5 Messbereich	191
8.3 Wirkung von ES-Immissionen	193
8.3.1 Wirkung auf Menschen	193
8.3.2 Wirkung auf Bauwerke	193
8.3.3 Wirkung auf Anlagen	195
8.4 Normen und Richtwerte	196
8.4.1 DIN 4150/2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	196
8.4.2 SN 640 312: Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke	197
8.4.3 Richtwerte für Anlagen	198
8.5 Erschütterungsüberwachung	200
8.5.1 Anforderungen	200
8.5.2 Überwachungskonzept	200
9 Erschütterungsprognosen in Produktionsbetrieben des Maschinenbaus	203
9.1 Maschinenerschütterungen	203
9.1.1 Zulässige Erschütterungen	203
9.1.2 Methodik zur Prognose	206
9.2 Anwendungsbeispiel Hochpräzisionsschleifen	208
9.2.1 Problemstellung	208
9.2.2 Ermitteln der Anforderungen	208
9.2.3 Charakterisierung der externen Erschütterungsquellen für den Neubau	209
9.2.4 Konzept für den Hallenbau	210
9.2.5 Prognose der zu erwartenden Erschütterungen	212
9.2.6 Kontrolle bei der Bauausführung	214
9.2.7 Messung nach Inbetriebnahme	215
9.3 Schlussbemerkungen	219
Literatur	225
10 Baudynamische Aspekte beim Laborbau	227
10.1 Allgemeine Aspekte	228
10.2 Anforderungen	230
10.3 Erschütterungsquellen	235

10.3.1	Externe Quellen	235
10.3.2	Interne Quellen	239
10.4	Erschütterungsprognosen	241
10.4.1	Externe Quellen	241
10.4.2	Interne Quellen	242
10.5	Massnahmen	243
10.6	Schlussbemerkungen	245
	Literatur	246
11	Simulation von Bauwerksdynamik-Problemen	247
11.1	Modellbildung	248
11.2	Der Ein-Massen-Schwinger	249
11.3	Geschossdecken	251
11.4	Balkone	255
11.5	Windanregung	257
11.6	Fußgängerbrücken	259
11.7	Dynamische Lastfunktionen	263
11.8	Schlussfolgerungen	264
12	Die Tücken der Bauwerksdynamik	265
12.1	Schwingungen in einer Weberei	267
12.2	Bürogebäude neben einer Produktionshalle	269
12.3	Vibrationen bei Zentrifugen	271
12.4	Sekundär abgestrahlter Schall bei Webmaschinen	273
12.5	Ausbreitung der Erschütterung bei einer Wasserkraftanlage	275
12.6	Einfluss der Vorspannung auf die Eigenfrequenz	277
12.7	Schwingungen einer Leichtbeton-Geschossdecke	279
12.8	Schwingungen in einem Theater	282
12.9	Erhöhung der Eigenfrequenz einer Betondecke	284
12.10	Erschütterungen bei Präzisionsfertigung	285
12.11	Resonanzschwingungen bei einer Flaschenblasanlage	288
12.12	Bürohaus neben Eisenbahngleis	290
12.13	Schwingungen eines Kirchturmes	292
12.14	Horizontale Gebäudeschwingungen infolge Eisenbahnverkehr	294
12.15	Elastische Lagerung eines Einfamilienhauses	296
12.16	Elastische Lagerung eines Liftmotors	298
12.17	Überbauung über einem Eisenbahntunnel	300
12.18	Haus mit freier Aussicht	303
12.19	Schwingungen im Operationsmikroskop	305
12.20	Schwingungen im Baumhaus	307
12.21	Neue Maschinen in einer Druckerei	309
12.22	Wohnüberbauung in einer Distanz von 29 m zum Gleis	312
12.23	Hochhaus neben Eisenbahnlinie	314

12.24 Schwingende Balkone	316
12.25 Bürohaus neben Eisenbahngleis	318
12.26 Gebäude über Eisenbahntunnel	321
12.27 Schwingungen bei einer Druckmaschine	323
12.28 Eigentumswohnungen neben Industriegebäude	325
12.29 Shredder-Anlage	327
12.30 Gymnastik-Räume	330
12.31 Rohmühle	332
12.32 Eigenfrequenzen Sensor	335
12.33 Frei-Feld Messung	337
12.34 Tiefe Frequenzen	339
12.35 Luftpolster	341
Stichwortverzeichnis	345