



Inhaltsübersicht

1	Einführung	1
2	Seismologische Grundlagen	8
3	Bemessungsbeben.....	30
4	Erdbebensichere Gestaltung von Hochbauten	42
5	Grundlagen der Baudynamik	68
6	Berechnungsverfahren	129
7	Bemessungsbeispiel	179



Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Inhaltsübersicht	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellen	XI
1 Einführung	1
1.1 Vorwort	1
1.2 Erdbeben	1
1.3 Auswirkungen von Erdbeben.....	4
2 Seismologische Grundlagen	8
2.1 Erdbebenentstehung	8
2.1.1 Tektonische Beben	8
2.1.2 Vulkanische Beben (Ausbruchsbeben).....	9
2.1.3 Einsturzbeben	9
2.1.4 Stauseeinduzierte Beben.....	9
2.1.5 Künstliche Beben.....	9
2.1.6 Bebenspezifische Merkmale	9
2.2 Erdbebenskalen	12
2.2.1 Richter-Skala	12
2.2.2 Mercalli-Skala	13
2.2.3 Gegenüberstellung der Skalen	13
2.3 Erdbebenwellen	14
2.3.1 Primärwellen.....	14
2.3.2 Scherrwellen	15
2.3.3 Love-Welle	15
2.3.4 Rayleigh-Wellen.....	16



2.3.5	Wellenwege	16
2.4	<i>Registrierung von Erdbeben</i>	17
2.5	<i>Vorhersagen von Erdbeben</i>	18
2.6	<i>Ingenieurmäßige Auswertung</i>	21
2.6.1	Bodenbeschleunigung.....	21
2.6.2	Frequenzen der Bodenbewegung.....	22
2.6.3	Dauer des Erdbebens	23
2.6.4	Zeitverläufe der Bodenbewegung.....	23
2.7	<i>Antwortspektren</i>	24
2.7.1	Spektralwerte	26
2.7.2	Merkmale von Antwortspektren.....	28
3	Bemessungsbeben	30
3.1	<i>Seismische Gefährdung</i>	30
3.1.1	Erdbebenzonenkarten	30
3.1.2	Bebenkenngrößen	31
3.2	<i>Konstruktion elastischer Bemessungs-Antwortspektren</i>	32
3.3	<i>Tragwiderstand und Duktilität</i>	33
3.3.1	Arten der Duktilität.....	34
3.3.2	Lokale und Globale Duktilität	36
3.3.3	Abminderung des Tragwiderstands	37
3.4	<i>Ermittlung inelastischer Bemessungs-Antwortspektren</i>	40
3.5	<i>Spektrumskonforme Zeitverläufe der Bodenbewegung</i>	41
4	Erdbebensichere Gestaltung von Hochbauten	42
4.1	<i>Tragwerkseigenschaften</i>	42
4.1.1	Steifigkeit	42
4.1.2	Tragwiderstand.....	42
4.1.3	Duktilität.....	43
4.2	<i>Tragwerksarten</i>	43
4.2.1	Rahmen aus Stahlbeton oder Stahl	43
4.2.2	Stahlbetontragwände in Skelettbauten.....	44
4.2.3	Gemischte Tragsysteme aus Stahlbetonwänden und -rahmen.....	45
4.2.4	Stahlfachwerke	46
4.2.5	Mauerwerkstragwände.....	47



4.2.6	Füllwände aus Mauerwerk.....	47
4.3	<i>Entwurfsgrundsätze</i>	48
4.3.1	Gestaltung im Grundriss.....	49
4.3.2	Gestaltung im Aufriss.....	52
4.3.3	Einheitliche Foundation.....	58
4.3.4	Angepasste Duktilität.....	59
4.3.5	Konstruktive Durchbildung.....	61
4.3.6	Nichttragende Bauteile.....	62
4.4	<i>Duktilitätsklassen</i>	65
4.5	<i>Tragwerkswahl</i>	65
4.5.1	Nutzungsfreiheit.....	66
4.5.2	Bemessungsduktilität und Tragwiderstand.....	66
4.5.3	Sicherheits-, Betriebs- und Schadensgrenzbeben.....	67
5	Grundlagen der Baudynamik.....	68
5.1	<i>Schwingungen</i>	68
5.2	<i>Einmassenschwinger</i>	71
5.2.1	Freie ungedämpfte Schwingung.....	73
5.2.2	Freie gedämpfte Schwingung.....	75
5.2.3	Erzwungene Schwingungen.....	78
5.2.3.1	Gedämpftes System unter harmonischer Erregung.....	78
5.2.3.2	Ungedämpftes System unter stoßartiger Erregung.....	81
5.2.3.3	Ungedämpftes System unter beliebiger Erregung.....	83
5.2.4	Einfluss der Fusspunkterregung.....	85
5.3	<i>Mehrmassenschwinger</i>	88
5.3.1	Zweimassenschwinger.....	89
5.3.1.1	Freie ungedämpfte Schwingung.....	90
5.3.1.2	Eigenformverfahren (Modale Analyse).....	95
5.3.1.3	Erzwungene ungedämpfte Schwingungen.....	97
5.3.1.4	Erzwungene gedämpfte Schwingungen (Modale Dämpfung).....	98
5.3.1.5	Gedämpftes System unter Erdbebenbelastung.....	100
5.3.2	Mehrmassenschwinger.....	101
5.3.2.1	Freie ungedämpfte Schwingung. Eigenformmethode.....	103
5.3.2.2	Normierung der Eigenvektoren.....	106
5.3.2.3	Erzwungene ungedämpfte Schwingung.....	107
5.3.2.4	Ungedämpftes System unter Erdbebenbelastung.....	109
5.3.2.5	Erzwungene gedämpfte Schwingungen.....	110



5.4	<i>Zusammenfassung</i>	113
5.4.1	Eigenfrequenzen und Eigenschwingungsformen.....	115
5.4.2	Zerlegung nach Eigenschwingformen (Modale Analyse)	117
5.4.2.1	Entkopplung.....	117
5.4.2.2	Modale Antwort und Gesamtantwort.....	118
5.4.3	Dämpfung	123
5.4.3.1	Logarithmisches Dekrement	124
5.4.3.2	Ansätze für die Dämpfung	125
5.4.4	Hystereseschleife	126
5.4.5	Nichtlinearitäten	127
6	Berechnungsverfahren	129
6.1	<i>Übersicht</i>	129
6.2	<i>Ersatzkraftverfahren</i>	131
6.2.1	Grundfrequenz	131
6.2.1.1	Grobe Abschätzung.....	132
6.2.1.2	Berechnung am Ersatzstab nach Rayleigh	133
6.2.1.3	Berechnung am Ersatzstab in elastischem Baugrund.....	134
6.2.1.4	Diskretes Tragwerksmodell	134
6.2.2	Berücksichtigung der plastischen Verformungen.....	135
6.2.3	Einfluss der Nachgiebigkeit des Baugrundes	135
6.2.4	Ersatzkräfte nach Normen	137
6.2.5	Verteilung der Ersatzkraft über die Höhe des Bauwerks	139
6.2.6	Berücksichtigung der Torsion.....	140
6.2.7	Zusammenfassung des Ersatzkraftverfahrens.....	141
6.3	<i>Antwortspektrenverfahren</i>	142
6.3.1	Definition.....	142
6.3.2	Kombinierte doppelt-logarithmische Darstellung.....	144
6.3.3	Steife und weiche Systeme	145
6.3.4	Bemessungs-Antwortspektren nach Newmark	146
6.3.5	Verfahren beim Einmassenschwinger	147
6.3.6	Verfahren beim Mehrmassenschwinger	148
6.3.6.1	Modale Maximalantwort.....	148
6.3.6.2	Rücktransformation	148
6.3.6.3	Überlagerung der modalen Maximalantworten	149
6.3.6.4	Bestimmung der maximalen Kräfte	150
6.3.7	Verwendung inelastischer Antwortspektren.....	150
6.3.8	Zusammenfassung des Antwortspektrenverfahren	150



6.4	<i>Zeitverlaufsverfahren</i>	151
6.4.1	Modale Lösung der Bewegungsgleichung.....	151
6.4.2	Direkte Integration der Bewegungsgleichung	152
6.4.3	Zusammenfassung des Zeitverlaufsverfahren.....	153
6.5	<i>Kapazitätsbemessung</i>	153
6.5.1	Konventionelle Bemessung und Kapazitätsbemessung.....	155
6.5.2	Zielsetzung der Kapazitätsbemessung	156
6.5.3	Beschränkung des Duktilitätsbedarfs.....	157
6.5.4	Überfestigkeit	158
6.5.5	Anwendung der Kapazitätsbemessung	160
6.5.6	Tragwerkspezifische Besonderheiten (konstruktive Durchbildung).....	160
6.5.6.1	Biegesteife Rahmen	161
6.5.6.2	Stahlbau	161
6.5.6.3	Ausgesteifte Stahlrahmen	167
6.5.6.4	Ausfachungen	173
6.5.6.5	Stahl-Beton-Verbundbauweise	174
6.5.6.6	Gemischte Systeme.....	174
6.6	<i>VBA-Programmierung</i>	175
7	Bemessungsbeispiel	179
7.1	<i>DIN 4149: 2005</i>	179
7.2	<i>Berechnung eines Kesselgerüst</i>	182
7.2.1	Lastannahmen und Bemessungskombination	183
7.2.2	Elastische Antwortspektren	184
7.2.3	Wahl der Duktilitätsklasse	186
7.2.4	Modellabbildung.....	188
7.2.5	Berechnungsverfahren	188
7.2.6	Anzusetzende Vertikallasten für die seismische Berechnung	189
7.2.7	Kombination der modalen Schnittgrößen	190
7.2.8	Berücksichtigung von Torsionswirkungen	190
7.2.9	Kombination der Beanspruchungsgrößen infolge der Erdbebenkomponenten.....	192
7.2.10	Überblick über die Berechnung	192
7.2.11	Nachweis der Standsicherheit	194
7.2.12	Rechnerischer Nachweis.....	194
	Literaturverzeichnis	203