

B Erdbebennormung in Europa und deren nationale Auslegungen

A. Ringhofer, G. Schickhofer



DI Andreas Ringhofer

2010 Abschluss des Masterstudiums „konstruktiver Ingenieurbau“ an der TU Graz

seit 2011 Wissenschaftlicher Projektmitarbeiter am Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz



Univ.-Prof. DI Dr. techn. Gerhard Schickhofer

1990 Diplom | TU Graz

1994 Doktorat | TU Graz

1999 Habilitation | TU Graz | venia docendi 'Holzbau und Holztechnologie'

2002 Geschäftsführer und wissenschaftlicher Leiter der holz.bau forschung gmbh | Kompetenzzentrum für Holzbau und Holztechnologie

2004 Professor für Holzbau und Holztechnologie | TU Graz

2008 stellvertr. Dekan der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften

1 Einleitung

Im Rahmen dieses Beitrages werden die Ergebnisse einer Normenstudie erläutert, welche im Zuge einer Masterarbeit [19] am Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz im Jahr 2010 durchgeführt worden ist. Diese Normenstudie diente dem Zweck einer Untersuchung der nationalen Erdbebennormen ausgesuchter Staaten in Mitteleuropa. Die folgende Abbildung zeigt eine europäische Erdbebengefährdungskarte aus dem Jahr 2003 [22]. Unter Zugrundelegung einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren, weist diese Karte eine Farbskalierung in Abhängigkeit der angenommenen auftretenden Spitzenbodenbeschleunigung in [g] (Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) auf. Daraus ist ersichtlich, dass vor allem der Mittelmeerraum von Südfrankreich ausgehend bis hin zur westlichen Türkei einer erhöhten Erdbebengefährdung ausgesetzt ist.

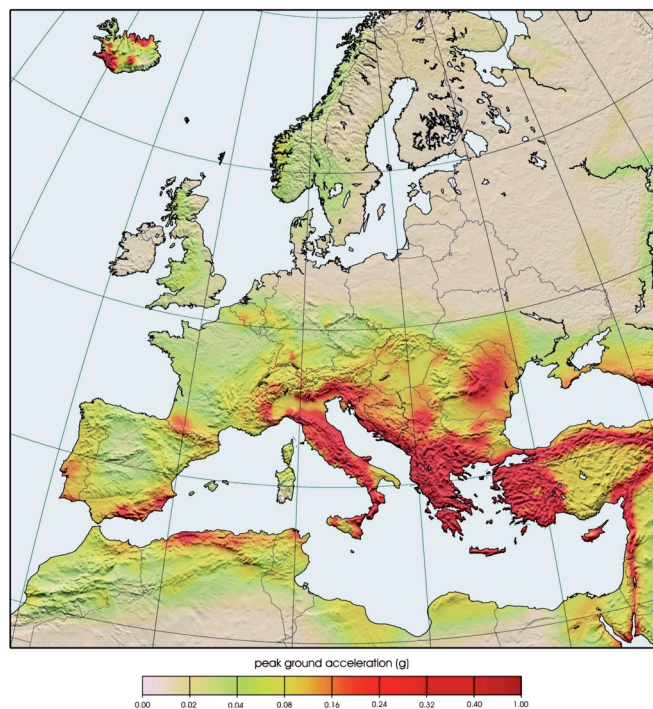


Abb. 1.1: Erdbebengefährdungskarte von Europa [22]

Die Größe und die Verteilung der Spitzenbodenbeschleunigung auf dem europäischen Kontinent waren die wesentlichen Parameter bei der Auswahl der europäischen Staaten, deren Erdbebennormen im Rahmen dieser Studie betrachtet und miteinander verglichen wurden. Ausgehend von Österreich und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass auch die Normung im gesamten deutschsprachigen Raum (D-A-CH - Staaten, siehe folgende Abbildung) betrachtet werden sollte, wurden die aktuell gültigen Erdbebennormen der Länder Deutschland, Schweiz, Frankreich, Italien und Griechenland miteinander verglichen. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen einerseits die seismische Gefährdung der D-A-CH-Staaten (Abb. 1.2) und andererseits anhand der farblichen Kennzeichnung der betreffenden Staaten auf der Europakarte den untersuchten Bereich dieser Studie (Abb. 1.3).

Anmerkung: Für Griechenland wurde im Rahmen dieser Studie bezüglich der aktuellen Gültigkeit der Norm eine Ausnahme gemacht und ausschließlich der in Kürze, für das gesamte Bundesgebiet von Griechenland, gültige nationale Anhang zur EN 1998-1 [2] betrachtet.

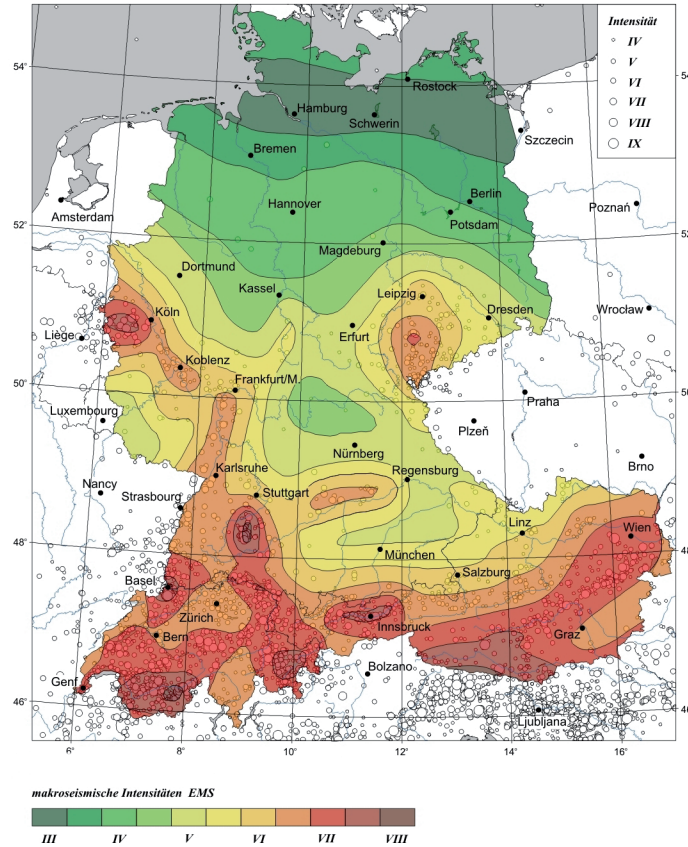


Abb. 1.2: seismische Gefährdung der D-A-CH-Staaten anhand einer Intensitätsskalierung nach EMS-98 [23]



Abb. 1.3: untersuchte Staaten Europas (nach [19])

Die Erfassung des ‚status quo‘ der betreffenden Erdbebennormen wurde speziell auf die in der folgenden Liste dargestellten Inhalte der einzelnen Dokumente abgestimmt:

- Stand der Umsetzung der EN 1998-1 inklusive der nationalen Anhänge
- Größen der Erdbebeneinwirkungen in den untersuchten Ländern
- Erleichterungen bei geringen Einwirkungen
- Regelungen des Ansatzes vertikaler Erdbebenbeschleunigungen
- Kombination der Erdbebeneinwirkung mit anderen Einwirkungen
- Spezielle Regelungen für Bauwerke aus Holz

2 Stand der Umsetzung der EN 1998 inklusive der nationalen Anhänge

Im Rahmen dieser Thematik wurde in der Studie die Normungssituation hinsichtlich der außergewöhnlichen Einwirkung „Erdbeben“ der angeführten Länder auf den Stand der Umsetzung der EN 1998-1: „Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“ [2] überprüft. Nachdem in der Zwischenzeit diverse Dokumente modifiziert worden sind, wurde diese Bestandserfassung kürzlich aktualisiert und ist in der folgenden Tabelle für sämtliche betrachtete Länder angeführt.

Land	derzeit gültige Norm für Erdbebenberechnung	Umsetzung der EN 1998-1	Anmerkungen bzw. aktuelle Veränderungen
Österreich	ÖNORMEN 1998-1:2011 [2] bzw. ÖNORM B 1998-1:2011 [3]	umgesetzt seit 01.06.2009	Im Juni 2011 wurde seitens des österreichischen Normungsinstitutes eine Aktualisierung des nationalen Anhangs veröffentlicht. Mehr dazu ist in Beitrag A dieses Tagungsbandes nachzulesen.
Deutschland	DIN 4149:2005 [5]	geplante Umsetzung: unbekannt	Die im Dezember 2010 erschienene DIN EN 1998-1 [6] bzw. die DIN EN 1998-1/NA [7] sollte eigentlich zu diesem Zeitpunkt die aktuell gültige DIN 4149 ersetzen. Dies ist jedoch nicht erfolgt.
Schweiz	Einwirkungen: SIA 261:2003 [8] Bemessung von Holzbauten: SIA 265:2003 [9]	wird nicht umgesetzt	Im Rahmen der Eurocode-Serie sind die Regelungen zur außergewöhnlichen Bemessungssituation „Erdbeben“ als eigener Teil aus der EN 1991 ausgegliedert. In der SIA-Serie ist dies nicht der Fall, Einwirkungen zufolge Erdbeben werden anhand der SIA 261 ermittelt, die Bemessung speziell für Holzbauten erfolgt mit Hilfe der SIA 265.
Frankreich	NF EN 1998-1:2005 [10] bzw. NF EN 1998-1/NA:2007 [11]	umgesetzt seit Dezember 2007	keine
Italien	D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) [12] bzw. C.M. 2 febbraio 2009, n° 617 [13], aber auch UNI EN 1998-1:2005 [14]	Hauptdokument liegt vor (Jänner 2007), kein nationaler Anhang vorhanden, Gültigkeit dieses Dokumentes begrenzt	Die Ermittlung der Einwirkungen wird ausschließlich mit der nationalen Norm NTC 2008, Kap. 2, 3 und 7 durchgeführt, die Bemessung eines Tragwerks darf auch mit der UNI EN 1998-1:2005 (ital. Version) erfolgen. Voraussetzung ist jedoch die Einhaltung der Bestimmungen gemäß NTC 2008, Kap. 12.
Griechenland	nationale griechische Erdbebennorm [15]	Umsetzung geplant, Zeitpunkt jedoch unklar	Für den derzeitigen griechischen nationalen Anhang [16], welcher bereits im Rahmen einer Testphase angewendet werden konnte, ist eine Aktualisierung geplant. Der Veröffentlichungstermin dieses Dokuments ist jedoch unbekannt.

Tab. 2.1: Stand der Umsetzung der EN 1998-1 inkl. NA in den betrachteten Ländern

Die folgende Abbildung gibt die in Tab. 2.1 dargestellte Situation der Erdbebennormen für die betrachteten Länder in Europa wieder. Die farbliche Unterscheidung richtet sich nach dem Status der EN 1998-1 im jeweiligen Land.

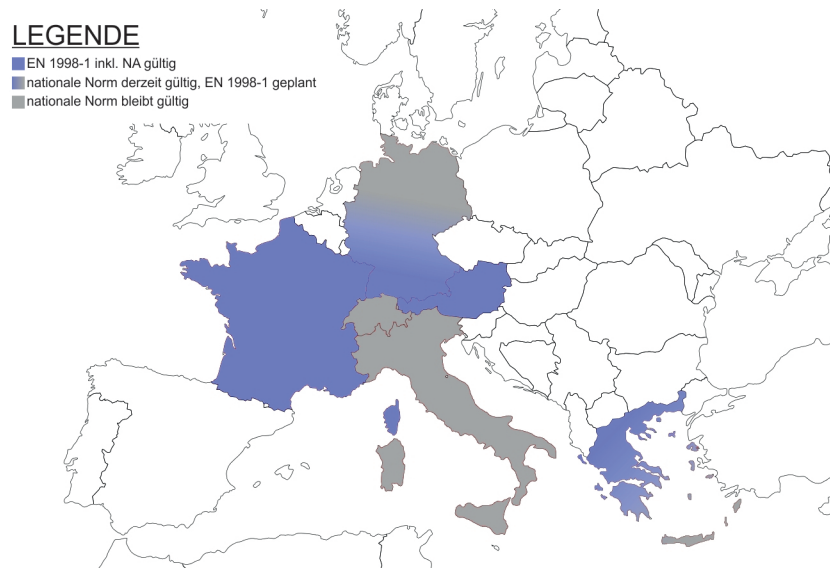


Abb. 2.1: aktuelle Situation der Erdbebennormung in Mitteleuropa gemäß Tab. 2.1

3 Größe der Erdbebeneinwirkung in den untersuchten Ländern

Die Größe der Erdbebeneinwirkung auf ein Tragwerk, bei kräftebasierenden Berechnungsverfahren als Horizontal- bzw. Vertikalkraft ausgedrückt, ist von vielen Faktoren abhängig. Neben der Tragwerksform (regelmäßiger oder unregelmäßiger Grund- bzw. Aufriss), der Art des Tragsystems (Rahmensystem, Wandsystem, etc.) und des verwendeten Materials (Stahl, Beton, Mauerwerk, Holz, Verbundwerkstoffe, etc.) werden diese Komponenten vor allem durch den spezifischen Standort und der Bedeutung des Bauwerks beeinflusst. Im Rahmen der erfolgten Normenstudie wurde das Hauptaugenmerk speziell auf die beiden letztgenannten Faktoren gerichtet. Gemäß der ÖNORM EN 1998-1 kann der Einfluss von Standort (anzuwendende Norm, Erdbebenzone, Baugrund/ Untergrund) und der Bedeutung des Bauwerks auf die Größe der Erdbebeneinwirkung durch die folgende Kombination zusammengefasst werden.

$$\gamma_I \cdot a_{gR} \cdot S$$

mit

γ_I als sogenannter Bedeutungsbeiwert, welcher das betreffende Bauwerk in Abhängigkeit seiner Bedeutung für die öffentliche Sicherheit und den Schutz der Bevölkerung unmittelbar nach einem Erdbeben, sowie die sozialen und wirtschaftlichen Folgen eines Tragwerkversagens in eine der vier folgenden Klassen einteilt.

Bedeutungskategorie	Bauwerke	Bedeutungsbeiwert γ_I
I	Bauwerke von geringer Bedeutung für öffentliche Sicherheit	0,8
II	Gewöhnliche Bauwerke, die nicht unter die anderen Kategorien fallen	1,0
III	Bauwerke, deren Widerstand wichtig ist im Hinblick auf die mit einem Einsturz verbundenen Folgen	1,2
IV	Bauwerke, deren Unversehrtheit während Erdbeben von höchster Wichtigkeit für den Schutz der Bevölkerung ist	1,4

Tab. 3.1: Bedeutungskategorien von Hochbauten gemäß ÖNORM EN 1998-1

Anmerkung:

Die Länder Frankreich und Griechenland (geplantes Dokument) haben diese Tabelle aus dem Hauptdokument vollinhaltlich in ihre nationalen Anhänge übernommen. In Österreich wurde in der ÖNORM B 1998-1 neben der Bedeutungskategorie auch die jeweilige Erdbeben-Zonengruppe zur Skalierung des Bedeutungsbeiwerts miteinbezogen (siehe [3], Tabelle 1). Die aktuellen nationalen Normen in der Schweiz und in Deutschland verwenden in der Einstufung dasselbe System, bis auf die Ausnahme, dass in der SIA 261 Klasse I (Bauwerke mit geringer Bedeutung) nicht vorhanden ist. In Italien jedoch, erfolgt die Erfassung der Bedeutung des jeweiligen Bauwerks differenziert. Im Gegensatz zu den oben genannten Ländern/Normen muss dieser Parameter bereits bei der Ermittlung der jeweiligen Spitzenbodenbeschleunigung bekannt sein und fließt in die Wahl einer bestimmten, von der

Bedeutung des Gebäudes abhängigen, Referenz-Wiederkehrperiode T_R des Bemessungsbebens ein. Diese wird wie folgt berechnet:

$$T_R = \frac{V_N \cdot C_U}{\ln(1 - P_{VR})}$$

mit

V_N als nominelle Lebensdauer (in Jahren), für Hochbauten werden hier in der Regel 50 Jahre angesetzt,

C_U als Koeffizient, der in Abhängigkeit der Nutzungsklassen I-IV (je nach Bedeutung) die Werte 0,7-2,0 annehmen kann

P_{VR} als anzunehmende Überschreitungswahrscheinlichkeit, die je nach Genzzustand (SLS oder ULS) folgende Werte annehmen kann

Grenzzustände		P_{VR}
SLS	SLO	81%
	SLD	63%
ULS	SLV	10%
	SLC	5%

S als Baugrundparameter, welcher in Abhängigkeit des jeweiligen Baugrundes in seiner Größe von 1,00 - 1,40 variiert (gemäß EN 1998-1). Die genaue Beschreibung und Einteilung der Baugrundklassen ist in der EN 1998-1, Tabelle 3.2 nachzulesen.

Anmerkung:

Während dieser Baugrundparameter ebenfalls in den Normen der Länder Österreich, Schweiz, Frankreich und Griechenland als einzelner Wert in Abhängigkeit des Bodens einer Tabelle entnommen werden kann (die Skalierungen unterscheiden sich zwischen den Normen geringfügig), bilden hier Deutschland und Italien die Ausnahme. In beiden nationalen Normen, aber auch im derzeitigen nationalen Anhang zur DIN EN 1998-1 wird der Baugrundparameter als Produkt der Multiplikation eines Bodenparameters mit einem Untergrundparameter gewonnen.

a_{gR} als Referenz-Spitzbodenbeschleunigung in $[m/s^2]$ oder in $[g]$, welche in sämtlichen Normen einer Zonenkarte bzw. einem Ortsverzeichnis entnommen werden kann. Abgesehen von abweichenden Bezeichnungen (Index) und Einheiten (in m/s^2 oder g) sind hier keine groben Unterschiede zwischen den nationalen Dokumenten erkennbar.

Der Vergleich der Größe der Erdbebeneinwirkungen in den verschiedenen Ländern/Normen wurde aus mehreren Gründen anhand des Produktes $\gamma_1 \cdot a_{gR} \cdot S$ durchgeführt. Einerseits dient gemäß ÖNORM EN 1998-1 das Ergebnis dieses Ausdrucks zur Klassifizierung der Erdbebeneinwirkungen

auf ein Bauwerk als „sehr geringe“, „geringe“ oder „normale Seismizität“ und andererseits kann durch die Berücksichtigung der oben erläuterten Faktoren der minimalste und maximalste Wert der tragwerksunabhängigen Erdbebeneinwirkung auf ein Gebäude im jeweiligen Land unter Anwendung der jeweiligen nationalen Norm ermittelt werden. Neben dem Absolutwert der Größe der Einwirkung stellt die von Erdbeben betroffene Fläche des Bundesgebietes einen weiteren, wichtigen Faktor zur Bestimmung der Erdbebengefährdung in einem Land dar. Während für Deutschland, Österreich und Griechenland gemäß [15], [18] und [20] die von Erdbeben gefährdete Fläche des jeweiligen Landes relativ genau beziffert werden kann, wurde diese für die Länder Frankreich, Italien und Schweiz anhand der nationalen Verteilung der Erdbebenzonen abgeschätzt (siehe auch Abschnitt 8, Abb. 8.1). Die folgende Tabelle zeigt nun als Ergebnis dieses Unterkapitels die Minima und Maxima der Erdbebeneinwirkungen resultierend aus dem erläuterten Produkt, sowie die betroffene Fläche der jeweiligen Bundesgebiete.

Land	Minimum [m/s ²]	Maximum [m/s ²]	betroffene Fläche [%]
Österreich	0,00	1,98	20
Deutschland	0,00	1,68	15
Schweiz*	0,60	3,14	100
Frankreich**	0,00	5,88	60
Italien***	0,00	6,40	92
Griechenland	1,28	7,06	100

Tab. 3.2: *Minima, Maxima und die betroffene Fläche der Erdbebeneinwirkungen der untersuchten Länder*

Anmerkungen:

* Gemäß SIA 261, Abschnitt 16.2.1.2 weist die Schweiz selbst in der niedrigsten nationalen Zone Z1 einen Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_{gd} (entspricht a_{gR} nach EN 1998-1) von 0,60 m/s² auf. Im Vergleich liegt dieser Wert, multipliziert mit dem für die Schweiz geringsten Bedeutungsbeiwert γ_f von 1,0 und der günstigsten Baugrundkategorie (Baugrundklasse A, $S = 1,0$) deutlich über der Grenze der „sehr geringen Seismizität“ (0,49 m/s²) gemäß EN 1998-1. Diese Grenze gibt im Wesentlichen an, ob gemäß EN 1998-1 die Erdbebeneinwirkungen auf ein Gebäude vernachlässigbar sind oder nicht. Somit kann davon ausgegangen werden, dass Bauwerke im gesamten Bundesgebiet der Schweiz auf Erdbebeneinwirkungen bemessen werden müssen.

** Die Größe der erdbebengefährdeten Fläche des Bundesgebietes von Frankreich wurde dem Text in [24] entnommen. Hier geht hervor, dass 60% der französischen Gemeinden in den Erdbebenzonen 2-5 situiert sind. Selbst bei günstiger Auslegung von Baugrund und Bedeutung des Bauwerks überschreiten die Bodenbeschleunigungen in diesen Zonen die Grenze der „sehr geringen Seismizität“ gemäß EN 1998-1. Daher wurde angenommen, dass ein Anteil von 60% des Bundesgebietes Frankreichs einer gewissen Erdbebengefährdung ausgesetzt ist.

Aus der Bodenbeschleunigungs-Karte von Italien gemäß NTC 2008 ist zu entnehmen, dass das gesamte italienische Festland und die Insel Sizilien einer Erdbebeneinwirkung ausgesetzt sind. Nachdem die Zonierung in Italien den jeweiligen Bezirken bzw. Gemeinden obliegt, kann bei alleiniger Betrachtung der landesweit gültigen Norm NTC2008 nicht davon ausgegangen werden, dass in Gebieten mit geringer Erdbebengefährdung (z.B. Teile Norditaliens) eine Vernachlässigung dieser Einwirkungen bei der Bauwerksbemessung möglich ist. Somit kann bei diesem Kenntnisstand angenommen werden, dass einzig die Insel Sardinien (ca. 8% der Fläche des Bundesgebietes, nach [25]) nicht erdbebengefährdet ist.

Nachdem, wie bereits erläutert wurde, die Ermittlungen des Bedeutungsbeiwertes und jene der Bodenbeschleunigung von der EN 1998-1 abweicht, werden diese im Folgenden gezeigt.

Standort: Sizilien (Long: 14,929; Lat: 37,175; ED50)

mehrgeschossiger Hochbau - $V_N = 50$ a

Nutzungsstufe IV - $C_U = 2,0$

Grenzzustand der Tragfähigkeit (ital. SLV) - $P_{VR} = 10\%$

Die Referenz-Wiederkehrperiode beträgt daher

$$T_R = -\frac{V_N \cdot C_U}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{50 \cdot 2,0}{\ln(1 - 0,1)} = 949 \text{ a}$$

Für diese Wiederkehrperiode kann die Bemessungs-Bodenbeschleunigung a_g wie folgt berechnet werden

$$\log(a_g) = \log(a_{g,475}) + \log\left(\frac{a_{g,975}}{a_{g,475}}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{475}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{975}{475}\right)\right]^{-1}$$

und beträgt

$$a_g = 3,97 \text{ m/s}^2.$$

Die Ermittlung des Bodenparameters S erfolgt durch Multiplikation der Parameter S_S (Index „S“ für stratographisch) und S_T (Index „T“ für topographisch). Während der Parameter S_T zur Ermittlung der maximalen Bodenbeschleunigung zu 1,4 gesetzt werden kann, ist die Größe des Beiwertes S_S von der Größe der Einwirkung abhängig. Die folgende Abbildung zeigt den Größenverlauf von S_S in Abhängigkeit der gewählten Baugrundklasse (A-E) und dem Produkt $F_0 \cdot a_g/g$. Das Maximum für den vorliegenden Fall stellt die Baugrundklasse C dar, S_S resultiert zu 1,15.

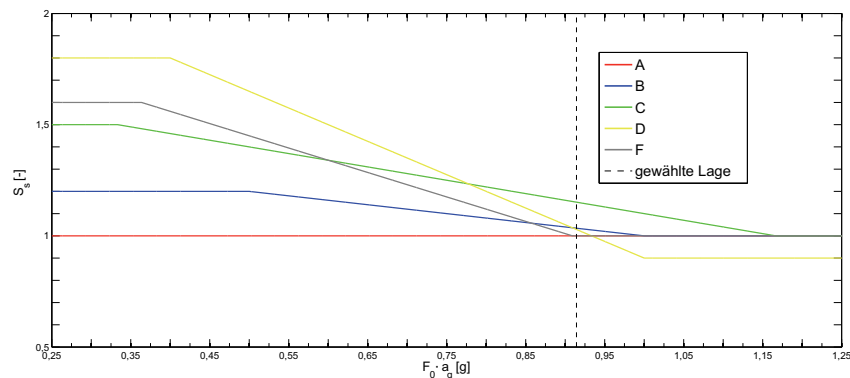


Abb. 3.1: Ermittlung des Maximalwertes für den Parameter S_S

4 Erleichterungen im Nachweisverfahren zufolge geringer Erdbebeneinwirkungen

Ein für die Durchführung des Erdbebennachweises weiterer wichtiger Punkt im Rahmen der Normenstudie war die Untersuchung der einzelnen Dokumente auf etwaige Erleichterungen im Nachweisverfahren zufolge geringer Erdbebeneinwirkungen. Wie in Abschnitt 3 bereits erläutert wurde, ist in der EN 1998-1 die „sehr geringe Seismizität“ als Untergrenze der Notwendigkeit einer Erdbebenbemessung nach EN 1998-1 angeführt. Die mit dem bereits bekannten Produkt $\gamma_1 \cdot a_{gR} \cdot S$ ermittelte Bodenbeschleunigung darf bei Vorliegen von „sehr geringer Seismizität“ $0,49 \text{ m/s}^2$ nicht überschreiten. Ein weiteres Kriterium wurde bei Erreichen einer Bodenbeschleunigung von $0,98 \text{ m/s}^2$ festgesetzt. Diese Grenze wird als „geringe Seismizität“ bezeichnet und kann, wie in den folgenden Abschnitten erläutert, als Steuerungsparameter der Komplexität der zu tätigen Schritte im Rahmen der Erdbebenberechnung angesehen werden. Anzumerken ist hierbei, dass die Grenzwerte und auch die Erleichterungen im Nachweisverfahren im nationalen Anhang zur EN 1998-1 steuerbar sind. Die folgenden Unterabschnitte geben als Ergebnisse der Normenstudie Auskunft über die Umsetzung dieser Vorschriften in den nationalen Anhängen (wenn vorhanden) bzw. über ähnliche Randbedingungen in den nationalen Normen der Schweiz, Italien und Deutschland.

Anmerkung: Vereinfachungen im Nachweisverfahren zufolge Regelungen, die von der Wahl und Konstruktionsweise eines bestimmten Materials abhängig sind (z.B. Regeln für „einfache Mauerwerksbauten“ gemäß ÖNORM B 1998-1, Abschnitt 13.5), wurden hier nicht betrachtet.

4.1 Österreich

ÖNORM B 1998-1:2011, Abschnitte 7.2.3 und 7.2.4

Zum Zeitpunkt der Normenstudie (November 2010) wurden in der damals gültigen ÖNORM B 1998-1:2006 [4] die oben angegebenen Grenzen von „sehr geringer“ und „geringer Seismizität“ insofern abgeändert, dass der Bereich der „geringen Seismizität“ nach unten und nach oben hin erweitert wurde. Eine Maßnahme, die durch die Tatsache interpretierbar ist, dass in Österreich vorwiegend Gebiete mit „geringer Seismizität“ auftreten und somit für einen Großteil des Baugeschehens zwar eine Berechnung durchgeführt werden soll, diese jedoch vereinfacht erfolgen kann.

Die neue, im Juni 2011 veröffentlichte Version des nationalen Anhangs ([3]) übernimmt wiederum direkt die Vorgaben aus dem Hauptdokument, die Hintergründe dafür bleiben gemäß [3] unbegründet.

Während diese beiden Grenzwerte im Rahmen der Aktualisierung des nationalen Anhangs für Österreich verändert wurden, sind die Erleichterungen im Nachweisverfahren (bei geringer Seismizität) bzw. das Wegfallen des Nachweises (bei sehr geringer Seismizität) mit Erreichen der Grenzwerte gleich geblieben. In der ÖNORM B 1998-1:2011 wird vorausgesetzt, dass bei Vorliegen von „sehr geringer Seismizität“ die horizontalen Einwirkungen zufolge „Wind“ mit großer Wahrscheinlichkeit im Rahmen der Tragwerksbemessung maßgebend sind und daher der Erdbebennachweis gemäß EN 1998-1 nicht geführt werden muss. Zweifelsfälle (große Massen, schwache Horizontalaussteifung) sind jedoch zu überprüfen. Wird das Kriterium der „sehr geringen Seismizität“ überschritten, jenes der „geringen Seismizität“ jedoch erfüllt ($\gamma_1 \cdot a_{gR} \cdot S \leq 0,98 \text{ m/s}^2$), so darf eine linear-elastische Berechnung (Antwortspektrumverfahren) mit ebenen Modellen - auch bei Nicht-Einhaltung der Regelmäßigkeitskriterien (siehe dazu EN 1998-1, Abschnitt 4.2.3 bzw. Beitrag C dieses Tagungsbandes [21]) - für den Erdbebennachweis angewendet werden.

4.2 Deutschland

DIN 4149:2005, Abschnitt 7.1 bzw. DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Anhang NA.D.1

Nachdem im Rahmen der Durchsicht der aktuellen, jedoch (noch) nicht umgesetzten Version der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 [7] eine wesentliche Änderung im Rahmen dieser Thematik auffällig war, werden die Erläuterungen der Regeln für Vereinfachungen im Erdbebennachweis in Deutschland in zwei Situationen aufgeteilt. Situation 1 gibt die Erkenntnisse der Normenstudie und somit die Regelungen aus der DIN 4149:2005 und des damals veröffentlichten nationalen Anhangs wieder, während Situation 2 die abgeänderten Bedingungen aus der aktuellen DIN EN 1998-1/NA:2011-01 erläutert.

4.2.1 Situation 1 - Aktuelle Regelung gemäß DIN 4149:2005 bzw. DIN EN 1998-1/NA (Vorgängerversion)

Für die Bundesrepublik Deutschland wurde gemäß DIN EN 1998-1/NA (Vorversion zum aktuell gültigen NA) ebenfalls eine Einteilung in die Fälle der "sehr geringen" und "geringen" Seismizität getroffen; diese geben jedoch keinen Aufschluss über die Art und den Umfang der zu führenden Nachweise. Erleichterungen der Nachweise resultierten hingegen bei Einhaltung bestimmter Bedingungen. Diese lauten nach DIN 4149:2005, Abschnitt 7.1 und DIN EN 1998-1/NA, Abschnitt NA.A.8 (Vorversion) wie folgt:

- Ist die mit einem Verhaltensbeiwert q von 1,0 ermittelte horizontale Gesamterdbebenkraft kleiner als die maßgebende Horizontalkraft, die sich aus anderen Einwirkungskombinationen (vor allem Windlasten) ergibt und
- werden die in Abschnitt 4.2 der Norm angegebenen Empfehlungen für den Entwurf eingehalten (diese sind den Empfehlungen nach ÖNORM EN 1998-1:2011 sehr ähnlich), können die Nachweise der Standsicherheit für Gebäude der Bedeutungskategorie I-III als erbracht angesehen werden.

Auf den Nachweis kann für Wohn- und Bürogebäude gänzlich verzichtet werden, wenn gilt:

- Die Anzahl der Vollgeschosse über dem Einspannungshorizont nicht die Werte der folgenden Tabelle überschreitet:

Erdbebenzone	Bedeutungskategorie	maximale Anzahl an Vollgeschossen
1	I bis III	4
2	I und II	3
3	I und II	2

Tab. 4.1: Grenzwerte der Vollgeschosse bei Entfall des Nachweises nach DIN 4149:2005

- Wie bereits erwähnt, müssen natürlich auch hier die Entwurfsempfehlungen nach Abschnitt 4.2 der DIN eingehalten werden.
- Für Bauten in den Zonen 2 und 3 müssen die Regelmäßigkeiten in Grund- und Aufriss gewährleistet sein.
- Die Geschosshöhe darf maximal 3,50 m betragen und
- für Mauerwerksbauten sind weitere konstruktive Regeln einzuhalten.

Somit kann festgestellt werden, dass bei Einhalten dieser Anforderungen an das Tragwerk der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit vollständig wegfallen kann.

4.2.2 Situation 2 - Bei Umsetzung der DIN EN 1998-1 bzw. DIN EN 1998-1/NA gültige Regelungen

Wie bereits in Abschnitt 4.2.1 dargelegt, wurden in der Vorversion der aktuellen DIN EN 1998-1/NA:2011-01 die Kriterien der „geringen“ und „sehr geringen“ Seismizität für Erleichterungen im Nachweisverfahren nicht weiter berücksichtigt. Die aktuelle Version der DIN EN 1998-1/NA fügt nun in Abschnitt „NDP zu 3.2.1(4)“ die in Situation 1 geschilderten Randbedingungen (Bedeutungskategorie, Regelmäßigkeitskriterien, etc) mit den Seismizitätsgrenzwerten zusammen und beinhaltet nun folgende Kriterien:

- Vorliegen von geringer Seismizität (betrifft Zone 1 bis 3 in Deutschland)
- übliche Hochbauten der Bedeutungskategorie I bis III
- mit maximal 6 Geschossen bzw. einer maximalen Gebäudehöhe von 20 m

Weiters gibt der Anhang NA.D.1 Aufschluss darüber, dass zur Anwendung von vereinfachten Methoden der Berechnung und Nachweisführung weitere, konstruktive Bedingungen einzuhalten sind, welche im Wesentlichen die Regelungen aus Situation 1 bzw. die Einhaltung von Teilen der Kriterien der konstruktiven Regelmäßigkeit gemäß EN 1998-1 beinhalten.

An und für sich sind hier keine größeren Unterschiede zwischen beiden Dokumenten erkennbar, der entscheidende Punkt ist jedoch, dass in der derzeit gültigen DIN 4149 bei Einhaltung dieser erwähnten Kriterien der Grenzzustand der Tragfähigkeit als erfüllt angesehen werden kann (Berechnung somit nicht notwendig), während das Einhalten der nahezu identen Kriterien gemäß DIN EN 1998-1/NA lediglich Vereinfachungen in der Berechnungen vorsieht. Diese Vereinfachungen sind ident mit jenen in Abschnitt 4.1.

Somit kann festgestellt werden, dass übliche Hochbauten wie etwa Wohn- oder Bürogebäude, welche in den Erdbebenzonen 1 bis 3 errichtet werden und mit großer Wahrscheinlichkeit den größten Teil der Bauwerke in deutschen Gebieten mit Erdbebengefährdung ausmachen, bei Einhaltung der erläuterten Kriterien aktuell nicht auf Erdbeben nachgewiesen werden müssen, bei zukünftiger Gültigkeit der DIN EN 1998-1/NA jedoch schon - wenn auch vereinfacht.

4.3 Schweiz

Wie bereits in Abschnitt 3 dieses Beitrages erwähnt wurde, werden in der Schweiz zur Bemessung eines mehrgeschossigen Hochbaus in Holzbauweise auf die außergewöhnliche Einwirkung „Erdbeben“ die Normen SIA 261 (Einwirkungen) und SIA 265 (Holzbau) herangezogen. Im Rahmen der Normenstudie in [19] wurden keinerlei Hinweise in beiden Normen gefunden, die darauf zurückschließen ließen, dass aufgrund des Vorliegens einer niedrigen Erdbebenzone bzw. eines Bauwerks geringer Bedeutung Erleichterungen im Nachweisverfahren, vergleichbar mit jenen der ÖNORM B 1998-1:2011, angewendet werden können.

Anmerkung: Fälle der „sehr geringen Seismizität“ mit den Grenzwerten gemäß EN 1998-1 wären in der Schweiz aufgrund der hohen Spitzenbodenbeschleunigungen (SIA 261, Abschnitt 16.2) selbst in der niedrigsten Zone Z1 auszuschließen.

4.4 Frankreich

Aus dem nationalen französischen Anhang, der NF EN 1998-1/NA geht hervor, dass beide Grenzwerte für „sehr geringe“ und „geringe“ Seismizität direkt aus dem Hauptdokument übernommen worden sind. Während z.B. in der ÖNORM B 1998-1:2011 Erleichterungen in der Berechnung zufolge des Seismizitätskriteriums, sprich einer günstigen Kombination aus Baugrund, Bodenbeschleunigung und Bedeutung des Bauwerks gestattet sind, werden nahezu dieselben Vereinfachungen gemäß NF EN 1998-1/NA ausschließlich über die Bedeutung des Bauwerks geregelt. Nach [10], Abschnitt 4.3.3.1(8) sind diese für sämtliche Bedeutungskategorien außer Kategorie IV erlaubt, sofern die Bedingungen nach EN 1998-1, Abschnitt 4.3.3.1(8) erfüllt werden. Bei diesen handelt es sich im Wesentlichen um konstruktive Kriterien und um eine Begrenzung der Gebäudehöhe auf 10 m.

4.5 Italien

Im Gegensatz zur EN 1998-1 bzw. zu den nationalen Anhängen des Hauptdokumentes, sind die Begriffe der „sehr geringen“ bzw. „geringen Seismizität“ im italienischen Dokument nicht üblich. Vereinfachungen in der Berechnung und im Nachweisverfahren gelten gemäß NTC 2008, Kapitel 7 für die Zone 4 in Italien. Liegt das zu berechnende Bauwerk in Zone 4, so müssen die Regeln nach Kapitel 7 (Bemessungsverfahren nach Erdbebennorm) nicht angewendet werden. In diesem Fall genügt ein Nachweis mit einer Spektralbeschleunigung für beide Horizontalrichtungen x und y von $S_d(T_1) = 0,07g$. Voraussetzung dafür ist - im Gegensatz zu den Vereinfachungen in Österreich - auch das Einhalten der Regelmäßigkeitskriterien in Grund- und Aufriss sowie weiterer konstruktiver Randbedingungen.

Da die Einteilung der Erdbebenzonen und die Festlegung, ob bedeutende Gebäude ($V_N > 100a$, Nutzungsklasse III-IV) auch bei geringen Einwirkungen nach NTC 2008, Kapitel 7 bemessen werden müssen, von den regionalen Behörden festgelegt wird, kann an dieser Stelle keine, für das gesamte Bundesgebiet Italiens gültige Aussage getroffen werden.

4.6 Griechenland

Nachdem die mindest mögliche Bodenbeschleunigung aus dem Produkt aus Erdbebenzone, Baugrund und Bedeutung des Gebäudes gemäß Tab. 3.2 für Griechenland weit jenseits der Obergrenze für das Vorliegen von „geringer Seismizität“ zu finden ist, haben diese Begriffe für die Gefährdungssituation

Griechenlands keine Bedeutung (siehe auch [16], Abschnitte 3.2.1(4) und 3.2.1(5)). Erleichterungen in der Berechnung sind jedoch bei Bauwerken der Bedeutungskategorien I und II ($\gamma_{I, \max} = 1,0$) möglich. Die dabei einzuhaltenden Randbedingungen sind ident wie jene in Abschnitt 4.4 dieses Berichtes.

5 Regelungen des Ansatzes vertikaler Erdbebenbeschleunigungen

Die Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung a_{gR} gemäß EN 1998-1, welche in vielen Fällen den bedeutsamsten Parameter im Rahmen der Erdbebenbemessung darstellt, gibt eigentlich nur die Größe der horizontalen Erdbebeneinwirkungen für die Lage des betreffenden Gebäudes an. Da diese Erdbebeneinwirkungen keinesfalls ausschließlich horizontal - also zweidimensional - auftreten, sondern dreidimensionale und somit auch vertikale Beanspruchungen hervor bringen, wurde im Rahmen der Untersuchung der genannten Dokumente auch auf die Regelungen zur Berechnung dieser Belastungen geachtet. Im Hauptdokument, der EN 1998-1 werden vertikale Erdbebenbeanspruchungen durch die Erstellung eines sogenannten vertikalen elastischen Antwortspektrums dargestellt (siehe Abschnitt 3.2.2.3). Weiters regelt Abschnitt 4.3.3.5.2 der Norm gewisse Stellen im Tragwerk, die auf vertikale Erdbebenbeanspruchungen bemessen werden müssen, sofern die Vertikalbeschleunigung a_{vg} den Grenzwert von $0,25g$ ($2,50 \text{ m/s}^2$) überschreitet. Diese sind

- horizontale oder fast horizontale tragende Bauteile mit Spannweiten von 20 m oder mehr,
- horizontale oder fast horizontale auskragende Bauteile mit Längen über 5 m,
- horizontale oder fast horizontale vorgespannte Bauteile,
- Balken, die Stützen tragen und
- schwingungsisiolierte Bauwerke.

Ausgehend von Österreich sind in den folgenden Unterpunkten die Bestimmungen in den einzelnen nationalen Anhängen zu den beiden genannten Abschnitten der EN 1998-1 angeführt. Dieselbe Thematik wurde auch in den nationalen Normen Deutschlands, der Schweiz und Italien untersucht.

5.1 Österreich

Gemäß ÖNORM B 1998-1:2001, Abschnitt 7.2.9 kann die Vertikalkomponente der Erdbebenbeschleunigung a_{vg} wie folgt ermittelt werden:

$$a_{vg} = \frac{2}{3} \cdot a_{gR}$$

Aus der Zonenkarte in der ÖNORM B 1998-1 geht hervor, dass die maximal mögliche Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung a_{gR} für Österreich $1,00 \text{ m/s}^2$ beträgt. Somit beträgt die maximale vertikale Beschleunigung im Erdbebenfall

$$a_{vg} = \frac{2}{3} \cdot a_{gR} = \frac{2}{3} \cdot 1,00 = 0,67 \text{ m/s}^2$$

und liegt somit weit unter dem Grenzwert von $2,50 \text{ m/s}^2$, welcher gemäß EN 1998-1 die Miteinbeziehung der Vertikalkomponente erfordert. Somit kann darauf zurückgeschlossen werden, dass diese in Österreich nicht berücksichtigt werden muss, was letztendlich auch in Abschnitt 7.2.8 der ÖNORM B 1998-1 so definiert worden ist. Da jedoch immer Sonderfälle zufolge ungünstiger Gebäudegeometrien auftreten können, sollte die Vertikalkomponente vor allem bei Tragwerken mit über die Höhe des Tragwerks nicht durchgehenden, lastabtragenden Elementen im Rahmen einer räumlichen Modellbildung unbedingt mitberücksichtigt werden.

5.2 Deutschland

Auch im Rahmen dieser Thematik gibt es gewisse Unterschiede zwischen der aktuell gültigen DIN 4149:2005 und der derzeit aktuellen DIN EN 1998-1/NA. Ähnlich dem Abschnitt 4.3.3.5.2 der EN 1998-1 beschränkt sich der Ansatz der Vertikalkomponente der Erdbebeneinwirkungen im Wesentlichen auf Träger, die Stützen tragen. Die vertikalen Einwirkungen werden ebenfalls mit Hilfe eines Bemessungsspektrums ermittelt, es gilt hier die Beziehung

$$a_{vg} = 0,70 \cdot a_g.$$

Die aktuelle DIN EN 1998-1/NA hat hingegen die Bestimmungen aus dem Hauptdokument übernommen und gibt die Bestimmung von a_{vg} wie folgt an:

$$a_{vg} = 0,5 \cdot a_{gR} \cdot \gamma_I$$

Weiters wurde, da nichts gegenteiliges im nationalen Anhang angeführt ist, Abschnitt 4.3.3.5.2 direkt übernommen. Das bedeutet jedoch, dass in Deutschland die Vertikalkomponente der Erdbebeneinwirkungen aufgrund des Nicht-Erreichens des Grenzwertes von $2,50 \text{ m/s}^2$ (siehe auch Tab. 3.2 dieses Beitrages) vernachlässigt werden kann. Dies steht im Gegensatz zur DIN 4149:2005, welche die Berücksichtigung für die erwähnten Tragwerksbereiche ohne Untergrenze vorsieht.

5.3 Schweiz

Die Kriterien für die Berechnung von vertikalen Erdbebeneinwirkungen sind mit jenen der DIN 4149:2005 vergleichbar und die Nachweise sind unabhängig von der Größe der Einwirkung immer für gewisse Tragwerksbereiche (Kragträger, Stützen auf Trägern) zu führen. Die vertikale Beschleunigung wird ermittelt, indem man die Ordinaten des Bemessungsspektrums S_d ebenfalls mit dem Faktor 0,7 multipliziert. Der Verhaltensbeiwert wird für diese Berechnungen auf 1,5 begrenzt.

5.4 Frankreich

Gemäß NF EN 1998-1/NA wurden beide Abschnitte 3.2.2.3 und 4.3.3.5.2 der EN 1998-1 vollinhaltlich übernommen. Über etwaige Sonderfälle dazu, wie sie in der ÖNORM B 1998-1 angeführt sind, ist im französischen Dokument nichts zu finden. Somit gelten dieselben Bestimmungen wie im Hauptdokument.

5.5 Italien

Aus Kapitel 7.2 der italienische Norm NTC 2008 geht hervor, dass vertikale Erdbebeneinwirkungen ebenfalls für bestimmte Tragwerksbereiche zu berücksichtigen sind. Diese Bereiche sind bis auf geringfügig unterschiedliche Spannweiten jenen der EN 1998-1, Abschnitt 4.3.3.5.2 sehr ähnlich. Weiters gilt, dass die Vertikalkomponente der Erdbebeneinwirkungen in den Erdbebenzonen 3 und 4 (Einteilung ist regional) vernachlässigbar ist.

5.6 Griechenland

Die Regelungen des geplanten griechischen nationalen Anhangs sind ident mit jenen in Frankreich und somit direkt aus dem Hauptdokument anwendbar.

6 Kombination der Erdbebeneinwirkungen mit anderen Einwirkungen

Im Zuge der Erdbebenuntersuchung eines Bauwerks müssen die Massen der einzelnen Geschosse für die Ermittlung der horizontalen Einwirkungen bekannt sein. Diese resultieren nicht nur aus ständigen Lasten (Eigengewicht der Konstruktion, Aufbauten), sondern auch aus Teilen der veränderlichen Einwirkungen, wie etwa Nutzlasten oder Schneelasten. Die anzusetzende Kombination hierfür lautet gemäß EN 1998-1, Abschnitt 3.2.4(2):

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}$$

mit

$G_{k,j}$ als ständige Einwirkungen j

$Q_{k,i}$ als veränderliche Einwirkungen i

$\psi_{E,i}$ als Kombinationsbeiwert für die veränderliche Einwirkung i

Der Kombinationsbeiwert $\psi_{E,i}$ errechnet sich dabei wie folgt:

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2,i}$$

mit

$\psi_{2,i}$ als Kombinationsbeiwert für den quasi-ständigen Wert einer veränderlichen Einwirkung $Q_{k,i}$ gemäß EN 1990:2003 [1], Anhang A1

φ Faktor, der den Kombinationsbeiwert $\psi_{2,i}$ je nach Geschoss, Art der veränderlichen Einwirkung und nationaler Auslegung abmindern bzw. erhöhen kann.

Nachdem neben der Bemessungs-Bodenbeschleunigung a_{gd} , gebildet aus dem Produkt $\gamma_1 \cdot a_{gR}$ und dem vorliegenden Baugrund mit dem Baugrundparameter S auch die seismisch aktive Masse m zu den maßgebenden Parametern in der Erdbebenberechnung zählt, können Unterschiede in der nationalen Auslegung des Faktors φ die Größe der Erdbebeneinwirkung erheblich mitbeeinflussen. Daher wurden im Rahmen der Normenstudie die einzelnen nationalen Anhänge der betreffenden Länder bzw. die nationalen Erdbebennormen der Länder Schweiz, Deutschland und Italien auf diese Auslegungen hin überprüft. Die folgende Tabelle gibt die Abweichungen des Faktors φ in den einzelnen nationalen Anhängen wieder.

Art	Geschoss	AUT	GER DIN 4149/ DIN EN 1998-1/NA	CH	FR	IT	GRK
Kat. A-C	Dach	1,0	1,0/1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Geschosse mit in Beziehung zueinander stehender Nutzung	1,0	0,7/0,7	1,0	0,8	1,0	0,8
	Unabhängig genutzte Geschosse	1,0	0,5/0,7	1,0	0,5	1,0	0,5
Kat. D-F		1,0	1,0/1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tab. 6.1: Vergleich der φ -Werte zur Ermittlung des Anteils der veränderlichen Einwirkung an der seismisch aktiven Masse

Anhand von Tab. 6.1 ist festzustellen, dass der φ -Wert als Faktor am quasi-ständigen Anteil ($\psi_{2,i}$) zur Ermittlung der seismisch aktiven Masse von Dokument zu Dokument teilweise erheblich variiert. Weiters wurde im Zuge des Studiums der aktuellen DIN EN 1998-1/NA noch eine weitere Besonderheit festgestellt. Gemäß EN 1998-1, Abschnitt 4.2.4(1)P müssen die Kombinationsbeiwerte $\psi_{2,j}$ für die Auslegung von Hochbauten jenen entsprechen, die in der EN 1990:2002 [1], Anhang A.1 angegeben sind. Für Schneelasten lauten diese demnach (für CEN-Mitgliedsstaaten):

Einwirkung	$\psi_{2,i}$
Schneelasten > 1000 m ü. NN	0,2
Schneelasten < 1000 m ü. NN	0,0

Tab. 6.2: Auszug aus Tabelle A.1.1 der EN 1990:2002 für Schneelasten

Im Gegensatz dazu gibt die aktuelle DIN EN 1998-1/NA einen neuen, ausschließlich für die Kombinationen in der EN 1998-1, Abschnitt 4.2.4(2)P quasi-ständigen Kombinationsbeiwert $\psi_{2,i}$ für Schneelasten von 0,50 an. Dieser gilt gemäß [7] unabhängig der vorhandenen Seehöhe des Bauvorhabens und weicht daher wesentlich von jenen in Tab. 6.2 ab.

7 Spezielle Regelungen für Bauwerke aus Holz

Im Rahmen der Normenstudie wurde das Hauptaugenmerk auf mehrgeschossige Hochbauten in Holzbauweise gelegt. Während in der Schweiz die Ermittlung der Einwirkungen (SIA 261) und die Bemessung des Tragwerks (SIA 265 für Holzbauten) für die außergewöhnliche Einwirkung „Erdbeben“ normativ getrennt erfolgt, werden diese beiden Abschnitte der Erdbebenberechnung in der Eurocode-Reihe zusammengefasst in der EN 1998-1 behandelt. Die Berechnung und Nachweisführung für Konstruktionen in Holz ist speziell in Kapitel 8 geregelt. Neben den, in den vorhergehenden Abschnitten betrachteten Einflussfaktoren „Standort“ (Baugrund, Erdbebenzone), „Bedeutung“ und „seismisch aktive Masse“, stellt der sogenannte Verhaltensbeiwert q einen weiteren, zumindest bei der Anwendung von kräftebasierenden Berechnungsverfahren, signifikanten Parameter im Rahmen der Tragwerksbemessung dar. Die Größe dieses Verhaltensbeiwerts ist im Wesentlichen von der Fähigkeit eines Tragwerks zur Energiedissipation (Energieumwandlung) abhängig und fließt als Divisor in die Ausdrücke des Bemessungsspektrums ein. Daher verhält sich die letztendlich resultierende Erdbebeneinwirkung indirekt proportional zur Größe des Verhaltensbeiwertes. Vereinfacht gesagt gilt: je größer der Verhaltensbeiwert q , desto kleiner die Kräfte, resultierend aus der Erdbebenbeanspruchung, welche vom Tragwerk aufgenommen werden müssen. Nachdem durch den Verhaltensbeiwert, wie im Namen bereits enthalten, das (nichtlineare) „Verhalten“ des Tragwerks in der linearen (Erdbeben-)Berechnung berücksichtigt wird, hängt dessen Größe natürlich wesentlich vom eingesetzten Material (Mauerwerk, Holz, Beton, Stahl, etc.) und von der Art des Tragwerks ab. Die EN 1998-1 regelt für Tragwerke aus Holz in Kapitel 8 die zu wählenden Verhaltensbeiwerte in Abhängigkeit des vorhandenen Systems. Diese Einteilung ist in ähnlicher Art und Weise auch in den nationalen Normen der Schweiz, Deutschland und Italien enthalten, die Größe des q -Wertes unterscheidet sich jedoch vor allem in der Größe des maximal wählbaren Faktors wesentlich. Die folgende Tabelle stellt diese Variationen anhand der Einteilung von Tabelle 8.1 der EN 1998-1 dar.

Klasse	Beispiele für Tragwerke	AUT	GER	CH	FR	IT*	GRK
DCL**	Kragarm-Tragwerke; Träger; Zwei- oder Dreigelenkbögen; Fachwerke mit Dübelverbindungen	1,5	1,5	1,5	-	1,5	1,5
DCM***	Verleimte Wandscheiben mit verleimten Schubfeldern mit Nagel- oder Schraubenverbindungen; Fachwerke mit stiftförmigen oder Bolzenverbindungen; Tragwerke in Mischbauweise, bestehend aus Holzrahmen (zur Aufnahme der Horizontallasten) und einer nichttragenden Ausfachung	2,0	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0
	Statisch überbestimmte Rahmen mit stiftförmigen oder Bolzenverbindungen	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
DCH****	Genagelte Wandscheiben mit verleimten Schubfeldern mit Nagel- oder Schraubenverbindungen; Fachwerke mit Nagelverbindungen;	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	-
	Statisch überbestimmte Rahmen mit stiftförmigen oder Bolzenverbindungen	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	-
	Genagelte Wandscheiben mit genagelten Schubfeldern mit Nagel- oder Schraubenverbindungen	5,0	5,0	3,0	3,0	5,0	-

Tab. 7.1: Gegenüberstellung der Verhaltensbeiwerte für Holztragwerke anhand der Einteilung in Tab. 8.1

Anmerkungen:

- * Die italienische Norm NTC 2008 teilt Holztragwerke eigentlich nur in zwei Klassen auf (Klasse A - hohe Energiedissipation, Klasse B - niedrige Energiedissipation). Tragwerke mit einem Verhaltensbeiwert $q \leq 1,5$ sind nicht in Tabellenform, sondern extra angeführt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden diese in Tab. 7.1 der Klasse DCL zugeordnet.
- ** DCL = niedriges Energiedissipationsvermögen
- *** DCM = mittleres Energiedissipationsvermögen
- **** DCH = hohes Energiedissipationsvermögen

8 Gegenüberstellung der Zonenkarten der betrachteten Länder

Zum Abschluss dieses Berichtes zeigen die beiden folgenden Abbildungen Umrisskarten von Europa, in diesen sämtliche Erdbeben-Zonenkarten aus den betrachteten Normen der untersuchten Länder eingearbeitet wurden. Während Abb. 8.1 anhand der unterschiedlichen Farbabstufungen die Zonierungen der einzelnen Länder/Normen beibehält, wurde die Skalierung in Abb. 8.2 anhand der Erdbebenzonen Griechenlands gewählt. In dieser Abbildung ist ersichtlich, dass der Großteil der erbebengefährdeten Gebiete Mitteleuropas in die griechische Erdbebenzone Z1 mit der kleinsten Erdbebeneinwirkung einzustufen wäre. Einzig kleine Teile Südfrankreichs, sowie große Teile Italiens würden in höhere Erdbebenzonen eingestuft werden.

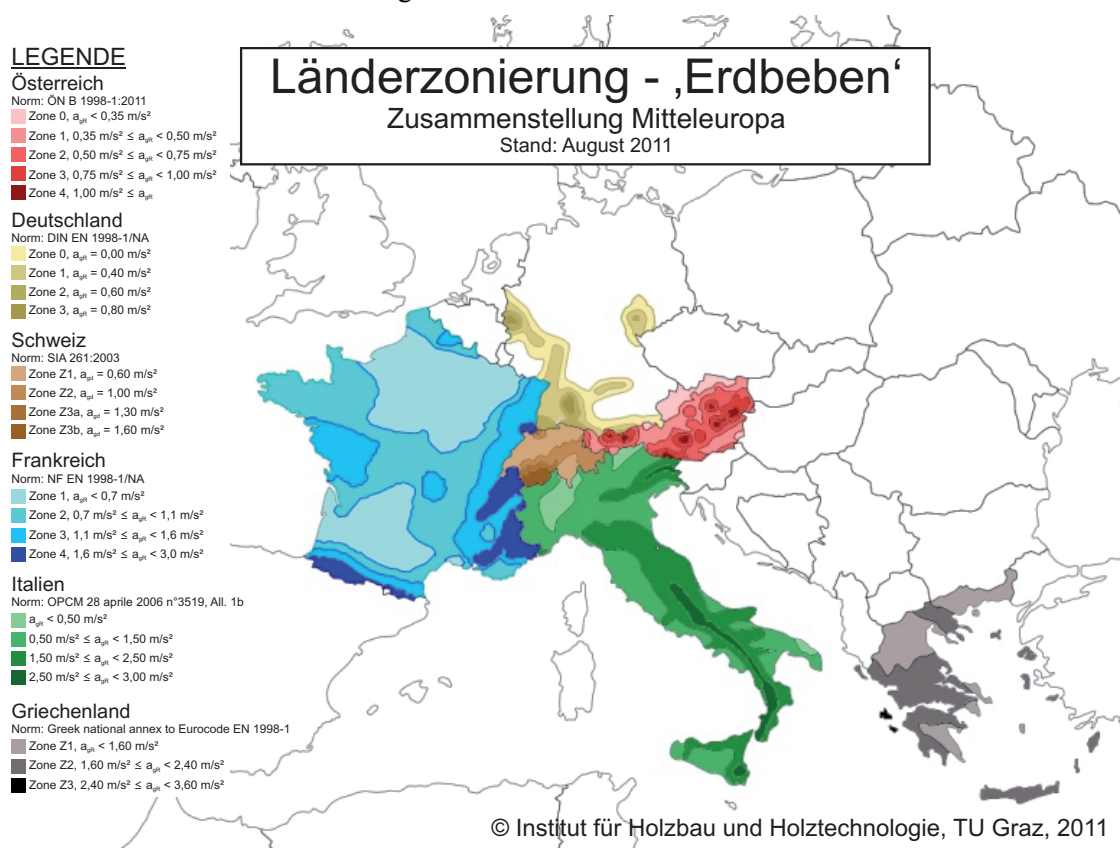


Abb. 8.1: Zusammenfassung der Erdbebenzonen der untersuchten Normen

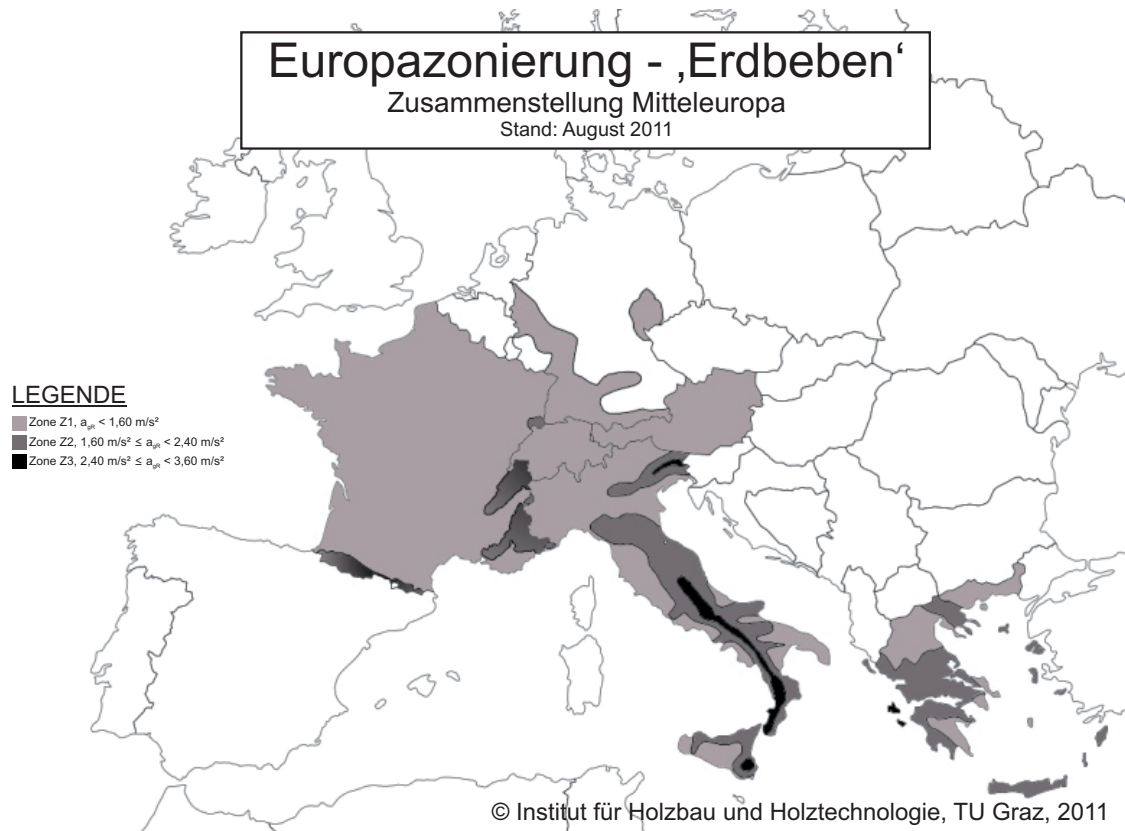


Abb. 8.2: Skalierung der Erdbebenzonen anhand der Einteilung Griechenlands

9 Zusammenfassung und Ausblick

In den Abschnitten 2 bis 8 dieses Beitrages wurden die Festlegungen der untersuchten Dokumente bezüglich wichtiger Parameter im Rahmen der Erdbebenberechnung von Hochbauten in Holzbauweise untersucht. Von der Evaluierung des aktuellen Status der Erdbebennormung in Europa ausgehend (Abschnitt 2), erfolgen in den weiteren Abschnitten eine Gegenüberstellung der Größe der Erdbebenbeanspruchungen und der erdbebengefährdeten Fläche der Bundesgebiete (Abschnitt 3), sowie Vergleiche der Auslegungen bezüglich Erleichterungen im Nachweisverfahren zufolge geringer Einwirkungen (Abschnitt 4), der Regelungen zum Ansatz von vertikalen Erdbebenbeanspruchungen (Abschnitt 5) und der Kombination der Erdbebeneinwirkungen mit anderen Einwirkungen zur Ermittlung der seismisch aktiven Masse (Abschnitt 6). Die in den betrachteten Dokumenten relativ spärlich gehaltenen Regelungen für Bauwerke aus Holz werden anhand der Unterschiede der Größen der Verhaltensbeiwerte q (als weiterer wesentlicher Parameter in der Berechnung) in Abschnitt 7 miteinander verglichen. Abschließend geben die beiden Umrisskarten Europas in Abschnitt 8 die aus den einzelnen Dokumenten entnommenen Erdbebenzonierungen graphisch wieder, stellen diese anhand unterschiedlicher Farbskalierungen gegenüber (Abb. 8.1) und fassen den betrachteten Bereich anhand der Zonierung einer ausgesuchten Norm zusammen (Abb. 8.2).

Nachdem auch die Erdbebennormung durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Festlegungen einer ständigen Erweiterung und Erneuerung ausgesetzt ist, soll dieser Beitrag als eine Momentaufnahme zum Status quo der Regelungen für den mitteleuropäischen Bereich angesehen werden. Ziel und Aufgabe für die Zukunft ist es, das Wissen um die Normung auf dem aktuellen Stand zu halten, bzw. dieses Wissen auf einen geographisch größeren Bereich auszudehnen. Aus den gezeigten Abbildungen ist erkennbar, dass in Europa noch gewisse Lücken vorhanden sind, die es gilt, durch die Untersuchung der betreffenden Dokumente zu schließen. Über dies hinaus ist es sinnvoll, den betrachteten Bereich auf einen internationalen Maßstab zu bringen, was mit der Untersuchung und dem Vergleich der Erdbebennormung in Amerika und Asien einhergeht.

10 Danksagung

Die Verfasser dieses Berichtes wollen sich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Werner Seim, Herrn Prof. DI Dr. Andrea Bernasconi, Herrn DI Ulrich Hübner, Herrn DI Zannis Konteas, Herrn DI Alfons Stuefer und Herrn Dott. Michele Felicetti für die Übermittlung von Unterlagen und Informationen, sowie für die deutsche Übersetzung von fremdsprachigen Dokumenten bedanken.

11 Literatur

11.1 Normen

- [1] ÖNORM EN 1990:2003-03-01
Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung
- [2] ÖNORM EN 1998-1:2011-06-15
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
- [3] ÖNORM B 1998-1:2011-06-15
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1998-1 und nationale Erläuterungen
- [4] ÖNORM B 1998-1:2006-07-01
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1998-1 und nationale Erläuterungen (Vorgängerversion)
- [5] DIN 4149:2005-04
Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- [6] DIN EN 1998-1/NA:2011-01
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau
- [7] DIN EN 1998-1/NA:2011-01
Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau
- [8] SIA 261:2003
Einwirkungen auf Tragwerke
- [9] SIA 265:2003
Holzbau
- [10] NF EN 1998-1:2005
Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1: Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments
- [11] NF EN 1998-1/NA:2007
Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1: Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments, Annexe nationale à la NF EN 1998-1:2005
- [12] D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008)
Nuove norme tecniche per le costruzioni
- [13] C.M. 2 febbraio 2009, n° 617
Istruzioni per l'applicazione delle „Nuove norme tecniche per le costruzioni“ di cui al D. M. 14 gennaio 2008
- [14] UNI EN 1998-1:2005
Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- [15] EAK 2000 - Greek Code for Earthquake Resistant Structures

- [16] Nationaler griechischer Anhang zur EN 1998-1
Eurocode EN 1998 - Design of structures for earthquake resistance - Part 1 - general rules, seismic actions and rules for buildings, Greek national annex
- [17] O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b
Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

11.2 Bücher/Dissertationen/Masterarbeiten

- [18] Flesch, R.; Pacht, H.
Baudynamik praxisgerecht | Band 1 | Berechnungsgrundlagen
Bauverlag GmbH, ISBN: 3-7625-3010-6
- [19] Ringhofer, A.
Erdbebennormung in Europa und deren Anwendung auf Wohnbauten in Holz-Massivbauweise
Masterarbeit, TU Graz 2010

11.3 Berichte/Skripten

- [20] Seim, W.
Erdbebenforschung, Entwicklung und Nachweisführung - in Deutschland
Beitrag im Rahmen der 9. Grazer Holzbau-Fachtagung (9.GraHFT'11) am Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz, 2011
- [21] Schickhofer, G.; Ringhofer, A.
Anforderungen an erdbebensichere Konstruktionen
Beitrag im Rahmen der 9. Grazer Holzbau-Fachtagung (9.GraHFT'11) am Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz, 2011

11.4 Internet

- [22] Giradini, M.; Jimenez, J.; Grünthal, G.
European-Mediterranean Seismic Hazard Map SESAME
<http://www.gfz-potsdam.de>, 2003 | Zugriff: 30.08.2011
- [23] Deutsches Geoforschungszentrum GFZ, Sektion 2.6
Seismische Gefährdungsabschätzung für die D-A-CH-Staaten
<http://www.gfz-potsdam.de>, 2008 | Zugriff: 30.08.2011
- [24] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Construction-la-France-ameliore-la.html>
| Zugriff: 01.09.2011
- [25] <http://www.wikipedia.at> | Zugriff: 01.09.2011