

Erdbebenbemessung von Massivbauten – Auswirkung von E DIN EN 1998-1/NA auf Bayern

Michael Niederwald, Markus Staller



Dr.-Ing. Michael Niederwald

2007-12 Studium Bauingenieurwesen,
Hochschule München
2012-14 Suess Staller Schmitt Ingenieure
GmbH
2012-17 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der
Professur für Massivbau der Universität der
Bundeswehr München
2017 Promotion an der Universität der
Bundeswehr München
seit 2018 Suess Staller Schmitt Ingenieure
GmbH



Dr.-Ing. Markus Staller

1987-93 Studium Bauingenieurwesen, TU
München
1994-00 Wissenschaftlicher Assistent am
Lehrstuhl für Massivbau der TU München
2000 Promotion an der TU München
seit 2001 Geschäftsführender Gesellschafter
der Suess Staller Schmitt Ingenieure GmbH
seit 2008 Prüffingenieur für Standsicherheit
Fachrichtung Massivbau
seit 2015 Vorsitzender der VPI Bayern

Die für die Bemessung von Hochbauten für Erdbebeneinwirkungen in Deutschland derzeit bauaufsichtlich eingeführte technische Baubestimmung ist die DIN 4149:2005-04. Im Oktober 2018 wurde der Nationale Anhang zur DIN EN 1998-1 als Entwurf veröffentlicht, der in naher Zukunft als Ersatz für DIN 4149 vorgesehen ist. Der Nationale Anhang liegt zwar noch nicht in seiner endgültigen Fassung vor, dennoch ist die Auswirkung der neuen Erdbebennorm bereits absehbar. Im Vergleich zur DIN 4149 kommt es zu Verschiebungen der hinsichtlich Erdbeben normungsrelevanten Gebiete sowie zu einer deutlichen Erhöhung der für den Erdbebenfall anzusetzenden horizontalen Beschleunigungen und den daraus resultierenden Ersatzlasten.

The technical standard currently introduced in Germany for the design of buildings for seismic actions is DIN 4149:2005-04. In October 2018 the National Annex for DIN EN 1998-1 was published as a draft, which is intended to replace DIN 4149 in the near future. Although the National Annex is not yet in its final version, the consequences on the new earthquake design standard are already foreseeable. In comparison to DIN 4149, there is a shift in the areas relevant for earthquake standardization as well as a significant increase in the horizontal acceleration to be applied and the resulting equivalent loads.

Einleitung

Für die Lastannahmen, die Bemessung und die Ausführung von Hochbauten in deutschen Erdbebengebieten gilt derzeit DIN 4149:2015-04 [1]. In Bayern ist diese Norm durch die Bayerischen Technischen Baubestimmungen (BayTB, September 2018) bauaufsichtlich eingeführt. In naher Zukunft soll DIN 4149:2015-04 durch den Eurocode 8 mit den zugehörigen Nationalen Anwendungsdokumenten ersetzt werden. Im Oktober 2018 wurde ein Entwurf des Nationalen Anhangs zu EN 1998-1 veröffentlicht, der intensive Diskussionen in der Bauaufsicht, den Ingenieurverbänden und der Bauwirtschaft auslöste.

Gegen den Normentwurf wurden beim NABau im DIN zahlreiche Einsprüche eingebracht, die in einer Einspruchssitzung im April 2019 vorgebracht wurden. Dennoch kann nach dem Verlauf der Sitzung davon ausgegangen werden, dass der Nationale Anhang bis zum Vorliegen seiner

endgültigen Fassung, insbesondere hinsichtlich der Erdbebenbeanspruchungen, im Wesentlichen unverändert bleibt. Die Auswirkung der neuen Erdbebennorm auf die Bemessung von Hochbauten in Deutschland ist daher bereits zum jetzigen Zeitpunkt grundsätzlich absehbar.

Die wesentlichen Unterschiede von E DIN EN 1998-1/NA:2018-10 [2] gegenüber DIN 4149:2015-04 liegen in einer Ausweitung der für Erdbeben normungsrelevanten Regionen sowie in den größeren Rechenwerten der horizontalen Beschleunigungen und den daraus resultierenden statischen Ersatzlasten.

In diesem Beitrag sollen die seismischen Einwirkungen nach DIN 4149:2015-04 und E DIN EN 1998-1/NA:2018-10 vergleichend gegenübergestellt sowie die Auswirkung der neuen Erdbebennorm auf Bayern anhand von Vergleichsberechnungen aufgezeigt werden.

Neueinschätzung der Erdbebengefährdung

Im Rahmen eines durch das Deutsche GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam bearbeiteten Forschungsvorhaben wurde eine Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands vorgenommen [3], deren Ergebnisse in E DIN EN 1998-1/NA:2018-10 eingeflossen sind. Dafür wurden unter anderem dem neuesten Stand der Wissenschaft entsprechende Prognosemodelle für Starkbodenbewegungen verwendet und die vorhandene Datenbasis zur Erdbebentätigkeit der letzten 1000 Jahre in Deutschland aktualisiert.

Ein wesentliches Ergebnis der Forschungsarbeit des GFZ war die weitgehende Übereinstimmung der Erdbebengefährdung nach der neuen und nach der DIN 4149:2015-04 zugrunde liegender Einschätzung [3]. In Teilregionen, wie z.B. im Raum zwischen Altmühl und Donau ergab die Neueinschätzung sogar eine geringere Gefährdung als bisher. Auf die in E DIN EN 1998-1/NA:2018-10 gegenüber der alten Norm dennoch enthaltenen Verschärfungen hinsichtlich der seismischen Einwirkungen wird im Folgenden eingegangen.

Für weiterführende Informationen zur Neueinschätzung der Erdbebengefährdung in Deutschland wird auf [3] verwiesen.

Erdbebenbeanspruchungen nach DIN 4149 und E DIN EN 1998-1/NA

Den Ausgangspunkt für die Ermittlung der seismischen Einwirkungen nach DIN 4149:2015-04 [1] bildet die in Abb. 1 links gezeigte Erdbebenzonenkarte der Bundesrepublik Deutschland. Die darin vorgegebenen vier Erdbebenzonen 0 bis 3 wurden auf Grundlage berechneter makroseismischer Intensitäten gewählt. Jede Zone entspricht dabei einem Intensitätsintervall, in der von einer einheitlichen Erdbebengefährdung (konstante Intensität) ausgegangen wurde. Den Erdbebenzonen ist jeweils ein Bemessungswert der Bodenbeschleunigung zugeordnet, der gemeinsam mit dem Bodenparameter S zur Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse und dem Bedeutungsbeiwert γ_I für die Bedeutung des zu bemessenden Bauwerks zur Ermittlung von elastischen Antwortspektren dient. Die Bodenbeschleunigungen reichen dabei von $0,4 \text{ m/s}^2$ in Erdbebenzone 1 bis $0,8 \text{ m/s}^2$ in Zone 3. Für die Erdbebenzone 0 ist kein Wert für die Bodenbeschleunigung vorgegeben.

DIN 4149:2015-04



E DIN EN 1998-1/NA:2018-10

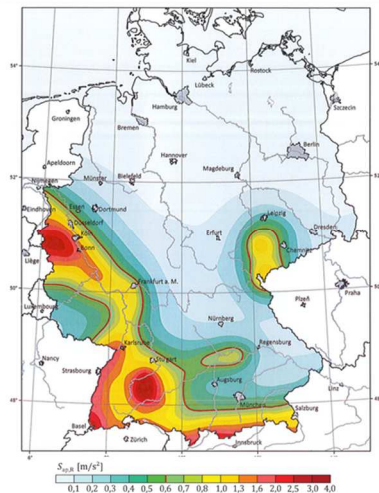


Abb. 1: Erdbebenzonenkarte nach DIN 4149:2015-04 (Bild 2) und Karte der räumlichen Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigungen nach E DIN EN 1998-1/NA:2018-10 (Bild NA.1)

In E DIN EN 1998-1/NA:2018-10 [2] wurde anstatt der bisherigen Einteilung in Erdbebenzonen eine zonenfreie Kartendarstellung gewählt, aus der die räumliche Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigungen im Plateaubereich $S_{ap,R}$ hervorgeht (Abb. 1 rechts). Die zonenfreie Darstellung hat den Vorteil, dass es nicht mehr zu sprunghaften Änderungen der zu berücksichtigenden Erdbebeneinwirkungen an den Grenzen zweier benachbarter Zonen kommt. Aufgrund der Darstellungsarten ist ein direkter Vergleich der Erdbebenkarten beider Normen nicht möglich.

In Abb. 2 sind die Bodenbeschleunigungen nach DIN 4149 und dem Nationalen Anhang in einem Schnitt von Nürnberg in Richtung Innsbruck aufgetragen, um dennoch einen Vergleich der Erdbebenkarten für die in Bayern betroffenen Regionen anstellen zu können. Zur Ermittlung der in E DIN EN 1998-1/NA vorgegebenen Bodenbeschleunigungen wurden die Antwortbeschleunigungen $S_{ap,R}$ durch den spektralen Überhöhungsfaktor $\beta_0 = 2,5$ geteilt [2].

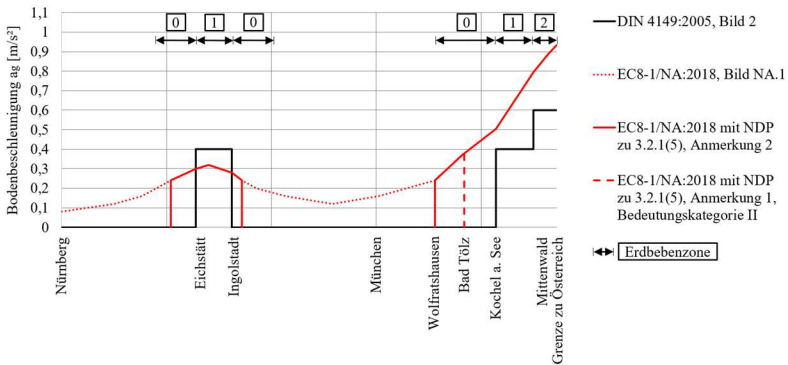


Abb. 2: Vergleich der Bodenbeschleunigungen in einem Profilschnitt durch Bayern von Nürnberg in Richtung Innsbruck

Die durchgezogenen roten Linien in Abb. 2 geben die räumliche Ausdehnung der Gebiete an, innerhalb derer für seismische Einwirkungen zu bemessen ist. Außerhalb davon (gepunktete rote Linie) werden zwar Beschleunigungen angegeben, eine Erdbebenbemessung ist im Regelfall jedoch nicht erforderlich. Die vertikalen, durchgezogenen roten Linien in Abb. 2 stellen eine der beiden im Nationalen Anhang angegebenen Anwendungsgrenzen für sehr geringe Seismizität dar. Sie sind in etwa deckungsgleich mit den Außengrenzen der Erdbebenzone 0 und umfassen

die ungünstigsten Untergrundverhältnisse und Bedeutungskategorien [4]. Die zweite Anwendungsgrenze ergibt sich in Abhängigkeit des Bodenparameters S und der Bedeutungskategorie. Für den üblichen Hochbau (Bedeutungskategorie II) liegt diese Grenze in etwa im Bereich von Bad Tölz (gestrichelte Linie in Abb. 2). Es kommt somit de facto zu einer Ausweitung der für Erdbeben normungsrelevanten Gebiete am Alpenrand.

Aus Abb. 2 geht des Weiteren hervor, dass am Alpenrand zukünftig deutlich höhere Bodenbeschleunigungen der Bemessung zugrunde zu legen sind als bisher. Die in DIN 4149:2015-04 vorgenommene Zuordnung der Bemessungswerte der Bodenbeschleunigung in den Erdbebenzonen orientierte sich am unteren Grenzwert der Intensitätswerte des jeweiligen Intervalls. Diese Vorgehensweise wird aus Sicht des Normenausschusses als nicht mehr haltbar angesehen, was neben den Ergebnissen der Neueinschätzung [3] der Grund für die im Nationalen Anhang vorgesehenen höheren Werte der anzusetzenden Beschleunigungen ist.

Auswirkungen auf die Bemessung von Massivbauten in bayerischen Erdbebengebieten

Die Auswirkungen der neuen Erdbebennorm werden nachfolgend anhand von Vergleichsberechnungen des in Abb. 3 dargestellten Geschäftsgebäudes in Massivbauweise (Bedeutungskategorie II, $\gamma_I = 1,0$) aufgezeigt.

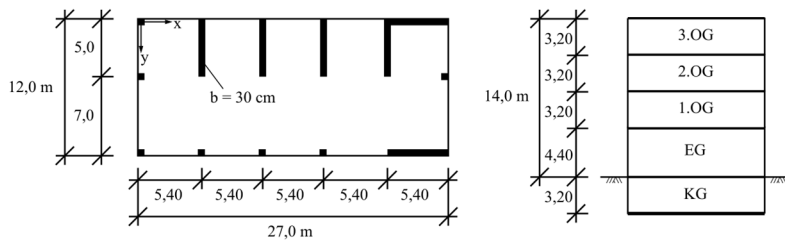


Abb. 3: Grund- und Aufriss des betrachteten Geschäftsgebäudes

In Tab. 1 sind die Gesamterdbebenkräfte F_b gegenübergestellt, die sich nach den vereinfachten Verfahren gemäß DIN 4149 und E DIN EN 1998-1/NA für verschiedene Bauwerksstandorte in Bayern ergeben.

Tab. 1: Vergleich der Gesamterdbebenkräfte

Standort	DIN 4149		E DIN EN 1998-1/NA		Änderung
	Erdbebenzone	F_b [kN]	$S_{ap,R}$ [m/s ²]	F_b [kN]	[%]
Eichstätt	1	1350	0,75	1015	-25 %
Bad Tölz	0	0	0,93	1760	+++
Garmisch-Partenkirchen	1	1350	2,0	2700	+ 100 %
Mittenwald	2	2030	2,2	3000	+ 48 %

Die Ergebnisse verdeutlichen die erhebliche Zunahme der Erdbebenlasten in Südbayern. In Garmisch-Partenkirchen verdoppelt sich beispielsweise die Gesamterdbebenlast. Lediglich im Raum Ingolstadt reduzieren sich die Lasten, wie auch aus Abb. 2 hervorgeht.

Bei der Erdbebenbeanspruchung handelt es sich um die für die Bemessung der Gebäudeaussteifung maßgebende horizontale Einwirkung, da sie die anzusetzenden Windlasten i.d.R. um ein Vielfaches übersteigt. Die neue Erdbebennorm wirkt sich daher besonders stark in Regionen aus, die bisher nicht erdbebenrelevant waren. Für den Standort Bad Tölz ergibt sich beispielsweise eine Gesamterdbebenlast von 1.760 kN (siehe Tab. 1) und im Vergleich hierzu die maßgebende resultierende H-Kraft von 550 kN aus Wind (Windzone 2) und Schiefstellung auf Bemessungsniveau. Die für die Bemessung der aussteifenden Bauteile in einer Gebäude- richtung anzusetzende resultierende Horizontalkraft erhöht sich in diesem Beispiel um den Faktor 3,2.

Die Erdbebeneinwirkungen müssen neben der Gebäudeaussteifung auch bei der Bemessung der tragenden und nichttragenden Bauteile berücksichtigt werden. Insbesondere bei Bauteilen, die geringe Widerstände gegenüber Querlasten aufweisen oder empfindlich auf horizontale Verformungen reagieren, können die seismischen Einwirkungen maßgebend werden. Dies ist z.B. bei der Verankerung von schweren Bauteilen im Beton oder der Dimensionierung der für den Erdbebenfall erforderlichen Verschiebewege von Fertigteilträgern auf Auflagerkonsolen zu beachten.

Fazit

In naher Zukunft soll DIN 4149:2015-04 durch den Eurocode 8 mit den zugehörigen Nationalen Anwendungsdokumenten ersetzt werden. Durch die Umstellung ist mit einer Ausweitung der normungsrelevanten Erdbebengebiete und einer in weiten Teilen deutlichen Erhöhung der seismischen Einwirkungen mit entsprechenden Auswirkungen auf die Bemessung in Bayern zu rechnen.

Dank

Die in diesem Beitrag dargestellten Ausarbeitungen entstanden im Rahmen der Formulierung des gemeinsamen Einspruchs von Baylka, VPI-Bayern und VBI-Bayern unter maßgeblicher Mitwirkung von Prof. Dr.-Ing. Peter Gebhard, Prof. Dr.-Ing. Christian Seiler und Dr.-Ing. André Müller sowie Dr.-Ing. Johann Eicher. Für die sehr gute und konstruktive Zusammenarbeit sei ihnen herzlich gedankt.

Literatur

- [1] DIN 4149:2015: Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten. April 2005
- [2] E DIN EN 1998-1/NA:2018: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für den Hochbau. Entwurf Oktober 2018
- [3] Grünthal, G. et al.: Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands – Version 2016 – für DIN EN 1998-1/NA. In: Bautechnik 95 (2018) S. 371-384
- [4] Fehling, E.; Schwarz, J.: Nationales Anwendungsdokument zu EN 1998-1 – Meilensteine der Entwicklung. D-A-CH-Mitteilungsblatt; In: Bauingenieur 94 (2019) Heft 4, S. 2-8