

## Weißdruck der Erdbeben-Norm DIN 4149, Ausgabe April 2005

### 1. Einführung

Die bislang gültige deutsche Norm für übliche Hochbauten in den deutschen Erdbebengebieten stammte aus dem Jahr 1981. Sie wurde 1991 um die Erdbebengebiete der neuen Bundesländer ergänzt. Im Zuge der Erarbeitung europäischer Normen wurde das Normenkonzept überarbeitet, aktualisiert und an das Konzept der europäischen Norm (Eurocode 8 – ENV 1998-1) angepasst. Nach 7jähriger Bearbeitung wurde die Neufassung mit Datum April 2005 veröffentlicht. Nachfolgend werden die wichtigsten Gesichtspunkte dieser Norm für Mauerwerkbauten zusammengefasst. Die bauaufsichtliche Einführung durch die Bundesländer wird in den nächsten Monaten erwartet.

### 2. Wesentliche Änderungen in der Norm im Vergleich zur Fassung 1981/1991

#### 2.1 Allgemeines

Die Norm wurde vollständig überarbeitet und umstrukturiert. Dabei wurden die Einwirkungs- und Bemessungskonzepte an die Entwicklungen aus dem Eurocode 8 angepasst. Dazu gehört vor allem die Erarbeitung einer neuen Erdbebenzonenkarte und die Anpassung der Konstruktionsregeln an die neuen Regelwerke der einzelnen Bauarten.

Für Mauerwerkbauten wird es in der großen Mehrzahl der Anwendungsfälle wie bisher möglich sein, die Erdbebensicherheit durch Einhaltung konstruktiver Regeln ohne expliziten rechnerischen Nachweis darzustellen.

#### 2.2 Neue Erdbebenzonenkarte

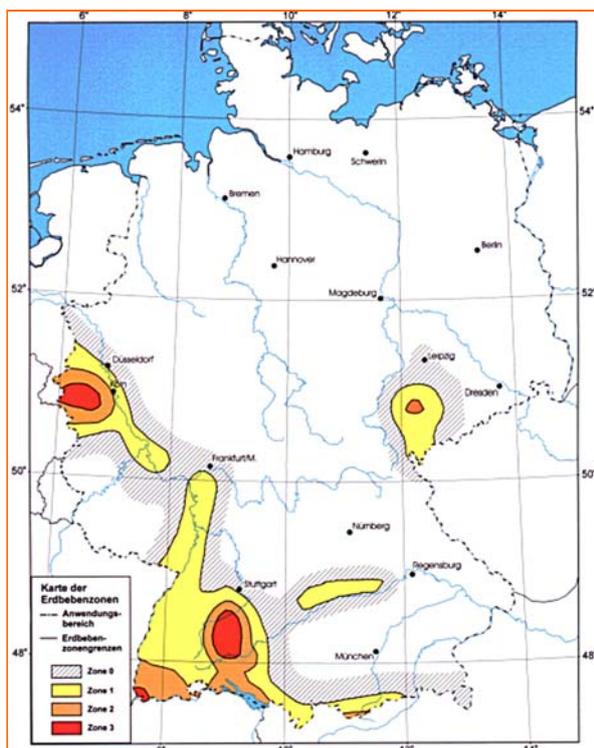
Die Erdbebenzonen wurden auf der Grundlage einer umfassenden wahrscheinlichkeitstheoretischen Auswertung neu eingeteilt, s. Bild 1. Sie entsprechen daher nicht mehr in jedem Fall den bisher bekannten Einteilungen. Die Gebiete, in denen die Norm beachtet werden muss, wurden dabei wesentlich vergrößert.

Im Gegensatz zur bisherigen Fassung gibt es die „Warnzone 0“ und die Erdbebenzonen 1 bis 3. Die Anforderungen der Norm gelten nur in den Zonen 1 bis 3. Die Rechenwerte der Horizontalbeschleunigung entsprechen in etwa den Werten der bisherigen Zonen 2 bis 4.

Mit dem Bemessungs-Erdbeben ist wahrscheinlichkeitstheoretisch einmal in 475 Jahren zu rechnen. In der Tabelle 1 sind die Erdbebenzonen mit den Beschreibungen typischer Schadensbilder beim Bemessungs-Erdbeben und den anzusetzenden Bemessungswerten der Bodenbeschleunigung zusammen gestellt.

Erdbebenzone	Intensitätsintervall	Zu erwartende Schäden	Bemessungswert der Bodenbeschleunigung
			$a_g$ in $m/s^2$
0	$6 \leq I < 6,5$	Leichte Gebäudeschäden, vornehmlich an Häusern in schlechterem Zustand, feine Risse im Putz	Keine Berechnung erforderlich
1	$6,5 \leq I < 7$		0,4
2	$7 \leq I < 7,5$	Gebäudeschäden; die meisten Personen erschrecken und flüchten ins Freie; Risse im Putz, Spalten in Wänden und Schornsteinen	0,6
3	$7,5 \leq I$		0,8

**Tabelle 1:** Erdbebenzonen mit zugehörigen Intensitätsintervallen, Bemessungswerten der Bodenbeschleunigung und zu erwartenden Schäden beim Bemessungsbeben



**Bild 1:** Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland

## 2.2 Untergrundkarte

Der Einfluss des Untergrunds wird auf Grund neuer Erkenntnisse deutlich differenzierter betrachtet als bisher. Anders als bisher wird nicht nur der Baugrund, d. h. die Schicht 5 bis 20 m unter Geländeoberkante (GOK), sondern auch der Untergrund ab 20 m unter GOK betrachtet. Diese Betrachtungsweise führt richtigerweise zu deutlich unterschiedlichen Lastannahmen für Lokergesteine im Baugrund über Felsuntergrund, z. B. in Gebirgstälern (Verstärkung der Einwirkung) im Vergleich zu tiefen Sedimentbecken, z. B. Oberrheingraben. (Reduzierung der Einwirkung im Vergleich zu Fels)

## 2.3 Besondere Anforderungen an Mauerwerkbaustoffe

In den deutschen Erdbebengebieten dürfen alle Mauersteine und Mauermörtel (mit Ausnahme der Mörtelgruppe I) für Mauerwerk nach DIN 1053-1, d. h. auch Zulassungsprodukte, verwendet werden.

In den Erdbebenzonen 2 und 3 gilt wie bisher in den Zonen 3 und 4 eine Zusatzanforderung an die Längsdruckfestigkeit ( $\beta_{D,1} \geq 2,5 \text{ N/mm}^2$ ) von Steinen mit nicht in Wandlängsrichtung durchgehenden Innenstegen.

Steine der Festigkeitsklasse 2 dürfen für aussteifende Wände ohne rechnerischen Nachweis nur verwendet werden, wenn mindestens 50% der Aussteifungswände mindestens aus Steinen der Festigkeitsklasse 4 oder größer bestehen.

Erdbebenzone	Bedeutungskategorie	max. Anzahl von Vollgeschossen
1	I bis III	4
2	I und II	3
3	I und II	2

**Tabelle 2:** Zulässige Anzahl der Vollgeschosse für Hochbauten ohne rechnerischen Stand sicherheitsnachweis in Abhängigkeit von der Bedeutungskategorie

## 2.4 Nachweis der Erdbebensicherheit durch Einhaltung konstruktiver Regeln

Einfache Hochbauten können wie bisher durch Einhaltung konstruktiver Regeln für den Lastfall Erdbeben nachgewiesen werden, wenn bestimmte Randbedingungen vorliegen, s. Tab. 2. Dies sind i. w. die Zahl der Vollgeschosse (zzgl. Dachgeschoss und Keller), die Bedeutungskategorie (bisher Bauwerksklasse), die Geschosshöhe ( $h \leq 3,50 \text{ m}$ ) und die Beachtung allgemeiner Regelmäßigkeitskriterien. In die Bedeutungskategorie I fallen untergeordnete Gebäude, z.B. landwirtschaftliche Betriebsgebäude, die Bedeutungskategorie II umfasst Wohngebäude und in die Bedeutungskategorie III werden z. B. Schulen, kulturelle Einrichtungen und Kaufhäuser eingestuft. Rechnerische Nachweise sind immer zu führen, wenn die Unversehrtheit der Gebäude nach einem Erdbeben für die Allgemeinheit wichtig ist, z. B. bei Krankenhäusern, Einrichtungen des Katastrophenschutzes, Feuerwehrhäusern.

Darüber hinaus sind weitere bauartspezifische Randbedingungen für Stahlbeton-, Stahl-, Holz- und Mauerwerkbauten zu beachten.

Der Nachweis durch Einhaltung der konstruktiven Randbedingungen ist für einfache Mauerwerkbauten in jedem Falle anzustreben, da rechnerische Nachweise meist sehr aufwändig sind.

Beim rechnerischen Nachweis ist zunächst die Grundschwingzeit des Gebäudes zu ermitteln und damit die Ordinate im Bemessungsspektrum in Abhängigkeit von Horizontalbeschleunigung und Baugrund/Untergrund abzulesen. Die damit ermittelte Gesamterdbebenkraft von bis zu 20% der Gebäudemasse ist entsprechend der Masseverhältnisse auf die einzelnen Stockwerke zu verteilen. In den Stockwerken ist dann wiederum die Last auf die einzelnen Schubwände zu verteilen. Für diese Wände sind Nachweise auf Kippen, Druck und Schub zu führen.

Erdbebenzone	$h_k/t$	t in mm	l in mm
1	nach DIN 1053-1		$\geq 740$
2	$\leq 18$	$\geq 150$	$\geq 980$
3	$\leq 15$	$\geq 175$	$\geq 980$
$h_k$	Knicklänge nach DIN 1053-1		
t	Wanddicke		
l	Wandlänge		

**Tabelle 3:** Mindestanforderungen an Schubwände (aussteifende Wände)

## 2.5 Konstruktive Regeln für den Verzicht auf rechnerische Erdbebennachweise

Das Gebäude muss kompakt und annähernd rechteckig, also EnEV-gerecht sein. Die Geschosszahl nach Tabelle 2 muss eingehalten werden.

Eine ausreichende Gebäudeaussteifung ist durch Geschossdecken mit Scheibenwirkung oder Ringanker sowie Mindestanforderungen an Schubwände (Schlankheit, Dicke, Länge, s. Tab. 3) sicher zu stellen.

Das Gebäude ist in beide Richtungen ausreichend, d. h. mit mindestens zwei mindestens 1,99 m langen Aussteifungswänden je Richtung auszusteiern.

Steifigkeitsmittelpunkt und Massenschwerpunkt sollen dabei möglichst nahe beieinander liegen. Die Aussteifungswände müssen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten tragen, d. h. hochbelastete, knickgefährdete Stützen sind zu vermeiden.

Anzahl der Vollgeschosse	$a_g \cdot S \cdot \gamma_l \leq 0,06 \text{ g} \cdot k^{1)}$			$a_g \cdot S \cdot \gamma_l \leq 0,09 \text{ g} \cdot k^{1)}$			$a_g \cdot S \cdot \gamma_l \leq 0,12 \text{ g} \cdot k^{1)}$		
	4	6	$\geq 12$	4	6	$\geq 12$	4	6	$\geq 12$
s. unter 7.1 (4) in DIN 4149	Steifigkeitsklasse nach DIN 1053-1 <sup>2),3)</sup>								
1	0,02	0,02	0,02	0,03	0,025	0,02	0,04	0,03	0,02
2	0,035	0,03	0,02	0,055	0,045	0,03	0,08	0,05	0,04
3	0,065	0,04	0,03	0,08	0,065	0,05	Kein vereinfachter Nachweis zulässig (KvNz)		
4	KvNz	0,05	0,04	KvNz					
<sup>1)</sup> Für Gebäude, bei denen mindestens 70 % der betrachteten Schubwände in einer Richtung länger als 2 m sind, beträgt der Beiwert $k = 1 + (l_{ay} - 2)/4 \leq 2$ . Dabei ist $l_{ay}$ die mittlere Wandlänge der betrachteten Schubwände in m. In allen anderen Fällen beträgt $k = 1$ . $\gamma_l$ nach Tabelle 2. <sup>2)</sup> Bei Verwendung unterschiedlicher Steifigkeitsklassen z. B. für Innen- und Außenwände sind die Anforderungswerte im Verhältnis der Flächenanteile der jeweiligen Steifigkeitsklasse zu wichten. <sup>3)</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.									

**Tabelle 4:** Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden je Gebäuderichtung nach DIN 4149

Mauerwerkart	Verhaltensbeiwert	
	$h/l \leq 1$	$h/l \geq 2$
Unbewehrtes Mauerwerk	1,5	2,0
Eingefasstes Mauerwerk	2,0	
Bewehrtes Mauerwerk	2,5	

**Tabelle 5:** Verhaltensfaktoren  $q$  nach DIN 4149

Die Grundfläche der aussteifenden Wände für jede Gebäuderichtung muss einem bestimmten Prozentsatz der Gebäudegrundfläche entsprechen, der in Tabelle 4 angegeben ist.

## 2.6 Checkliste für den Nachweis von Ziegelgebäuden durch Einhaltung konstruktiver Regeln in den deutschen Erdbebengebieten

Anhand des Reihenhauses in Bild 3 wird in einer Checkliste (Tabelle 7) der Nachweis der Erdbebensicherheit ohne expliziten rechnerischen Nachweis geführt. Diese Variante sollte wo immer möglich angewendet werden.

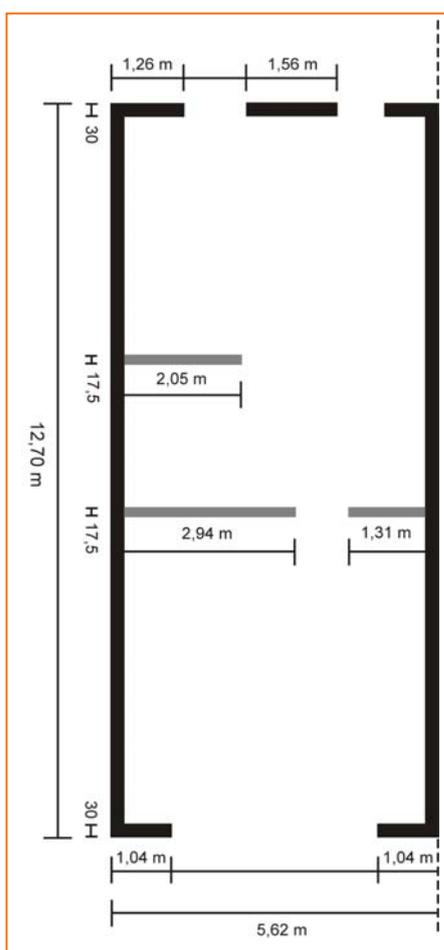
## 2.7 Verhaltensfaktoren für rechnerische Nachweise für Mauerwerksbauten

Falls bei Gebäuden der Bedeutungskategorie III oder IV ein rechnerischer Erdbebennachweis geführt werden muss, sind die Verhaltensfaktoren nach Tab. 5 anzusetzen.

Für eingefasstes Mauerwerk kann dabei ein günstigerer Verhaltensfaktor als für unbewehrtes Mauerwerk angesetzt werden. In der Ziegelbauweise lässt sich eingefasstes Mauerwerk besonders einfach mit Füllziegeln herstellen, in deren vertikale Füllkanäle bei Bedarf eine Bewehrung eingeführt werden kann, s. Bild 2. Die außerordentlich positive Auswirkung eingefassten Mauerwerks bei Reihenhäusern konnte in Versuchen am slowenischen Institut ZAG in Ljubljana gezeigt werden [1]. In der Tabelle 6 sind die dort ermittelten Verhaltensbeiwerte für zwei Reihenhausvarianten zusammengestellt (s. Bild 4). Variante 2 unterschied sich von der unbewehrten Variante 1 lediglich durch je einen vertikalen Bewehrungsstab an den Ende der Treppenhauswände im Gebäudekern. Die ermittelten Verhaltensbeiwerte liegen deutlich über den Werten der DIN 4149 und sollen bei der Erarbeitung des nationalen Anwendungsdokuments zu Eurocode 8 berücksichtigt werden.



**Bild 2:** Prüfkörper aus Füllziegeln mit Randbewehrung



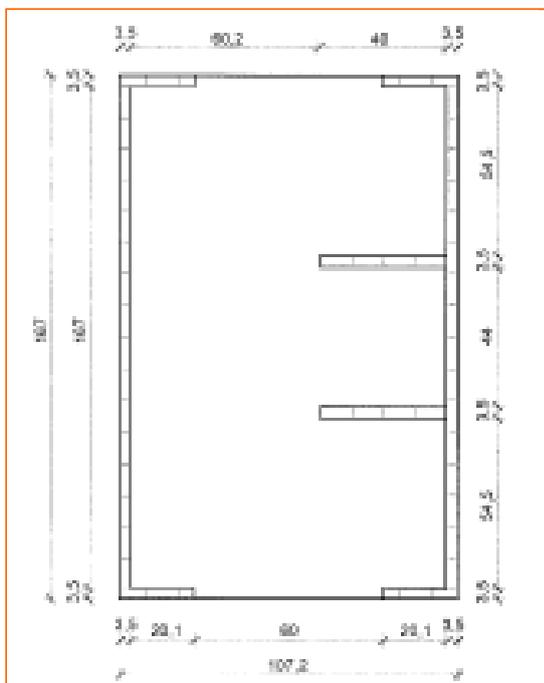
**Bild 3:** Grundriss eines Reihenhauses

Gebäudetyp	Verhaltensfaktor nach DIN 4149	Verhaltensfaktor im Modellversuch
Unbewehrtes Reihenhaus	1,5	1,8 – 2,2
Reihenhaus mit Randbewehrung in Treppenraumwänden	2,0	2,5 – 3,0

**Tabelle 6:** Verhaltensfaktoren für verschiedene Gebäudetypen nach [1]

Kriterium	Ist-Zustand	Anforderung	Bewertung/ Lösung
		Zone 1	
Gebäudeform	Kompakt	kompakt	o. k.
Grundriss	B/L = 0,5 rechteckig	B/L $\geq$ 0,25 Annähernd rechteckig	o. k.
Regelmäßigkeit	keine sprunghaften Masseänderungen	keine sprunghaften Masseänderungen	o. k.
Bedeutungskategorie	Wohngebäude (Kategorie II)	Kategorie $\leq$ III	o. k.
Anzahl der Vollgeschosse	2	$\leq$ 4	o. k.
Geschosshöhe	2,75 m	$\leq$ 3,5 m	o. k.
Geschossdecken	Stahlbeton	mit Scheibenwirkung	o. k.
Ausreichende Aussteifungsfläche	3 % bezogen auf die Geschossfläche	2 %	o. k.
Aussteifungswände	gehen über die Gebäudehöhe durch	gehen über die Gebäudehöhe durch	o. k.
Ausreichende Anzahl von langen Aussteifungswänden	Trennwände 2 x 12,7 m Querwände 1 x 2,05 m 1 x 2,94 m	In jede Richtung mindestens 2 x 1,99 m	o. k.
Mindestwanddicke der Aussteifungswände	175 mm	DIN 1053-1 (115 mm)	o. k.
Mindestens 50% der Aussteifungswände aus Steinfestigkeitsklasse $\geq$ 4	Alle Ziegel $\geq$ HLz 6	$>$ 2	o. k.

**Tabelle 7:** Checkliste für den Nachweis der Erdbebensicherheit nach DIN 4149 ohne expliziten rechnerischen Nachweis für das Gebäude aus Bild 3 in Erdbebenzone 1



**Bild 4:** Grundriss des Reihenhauses [1]

### 3. Zusammenfassung

Die neue DIN 4149 bringt umfangreiche neue Regelungen zur Bemessung von Mauerwerksbauten in Erdbebengebieten.

Übliche Wohngebäude aus Mauerwerk sind wie bisher durch die Einhaltung von einfachen konstruktiven Regeln nachweisbar.

### 4. Literatur

[1] Tomazevic, M. et al.: Experimental research for identification of structural behaviour factor for masonry buildings. Ljubljana, 2004.

Bonn, Mai 2005  
Dr.My-GdJ AMz