

fermacell



Holzbau: Erdbebensicher mit FERMACELL Gipsfaser-Platten

Beispielberechnung:
3-geschossiges Gebäude mit Holztafelbauart



Auch in Deutschland bebt die Erde.

Immer häufiger erreichen uns Bilder von schweren Erdbeben aus nahezu allen Gegenden der Erde; selbst in Deutschland sind Erdbeben keine Seltenheit.

In Deutschland sind Beben mit katastrophalen Ausmaßen wie in der Türkei, Japan oder in Taiwan nach Kenntnissen der geologischen und tektonischen Verhältnisse in Zukunft kaum zu erwarten. Gleichwohl geht aus historischen Dokumentationen und Beobachtungen hervor, dass in der Vergangenheit auch in Deutschland Erdbeben mit Magnituden (Richterskala) bis zu 6,1 stattgefunden haben.

Während das Erdbeben 1978 auf der schwäbischen Alb mit der Magnitude von 5,7 und einer Intensität von VII-VIII Sach- und Gebäudeschäden von rund 75 Mio. Euro verursachte, würde eine Wiederholung dieses Bebens heute bereits ca. 500 Mio. Euro kosten.

Hochrechnungen der Münchener Rückversicherung haben ergeben, dass bei einem Beben der Magnitude 6,4 mit einem Epizentrum in Köln die versicherten Schäden eine Höhe von 20 bis 30 Mrd. Euro erreichen könnten.

Bauherren, Architekten und Ingenieure werden über bauaufsichtliche Regelwerke, mit klar definierten Schutzzielen an die Standsicherheit und Schadenbegrenzung, für das Bauen in seismisch gefährdeten Gebieten sensibilisiert.

Schadenfreies Bauen in diesen Gebieten wird unter anderem dadurch beeinflusst, dass die konstruktiven Anforderungen an erdbebensicheres Bauen bereits zu Beginn in die Planung mit einfließen. Hierbei bietet der moderne Holzbau in Verbindung mit Gipsfaser-Platten von FERMACELL konstruktive Möglichkeiten – auch im Blick auf die Tragfähigkeit.

Mit dieser Broschüre zeigen wir Ihnen, dass erdbebengerechtes Bauen mit FERMACELL nicht nur möglich ist, sondern kaum kostenintensiver sein muss als in Gebieten, die nicht seismisch beansprucht sind.

Erdbebenskalen

Ein Erdbeben hat eine Magnitude, allerdings verschiedene Intensitäten, die sich von Ort zu Ort unterscheiden können. Die Stärke eines Erdbebens wird in der Magnitudenskala (Richterskala) und die Schadenswirkung auf Bauwerke in der Intensitätsskala (MSK) angegeben.

Magnitudenskala

Die Stärke eines Bebens wird mit Hilfe von Seismographen gemessen und durch seine Magnitude MW „auf der nach oben offenen Richterskala“ bestimmt. Sie ist bei einem Erdbeben das Maß für die gesamte freigesetzte seismische Schwingungsenergie.

Intensitätsskala

Die Einstufung einer Erdbebenintensität (I) erfolgt durch die Wahrnehmung der Menschen sowie durch seine örtlichen Schadenswirkungen auf Bauwerke und Landschaft. Zur Klassifizierung wird eine in 12 Klassen unterteilte Intensitätsskala verwendet.

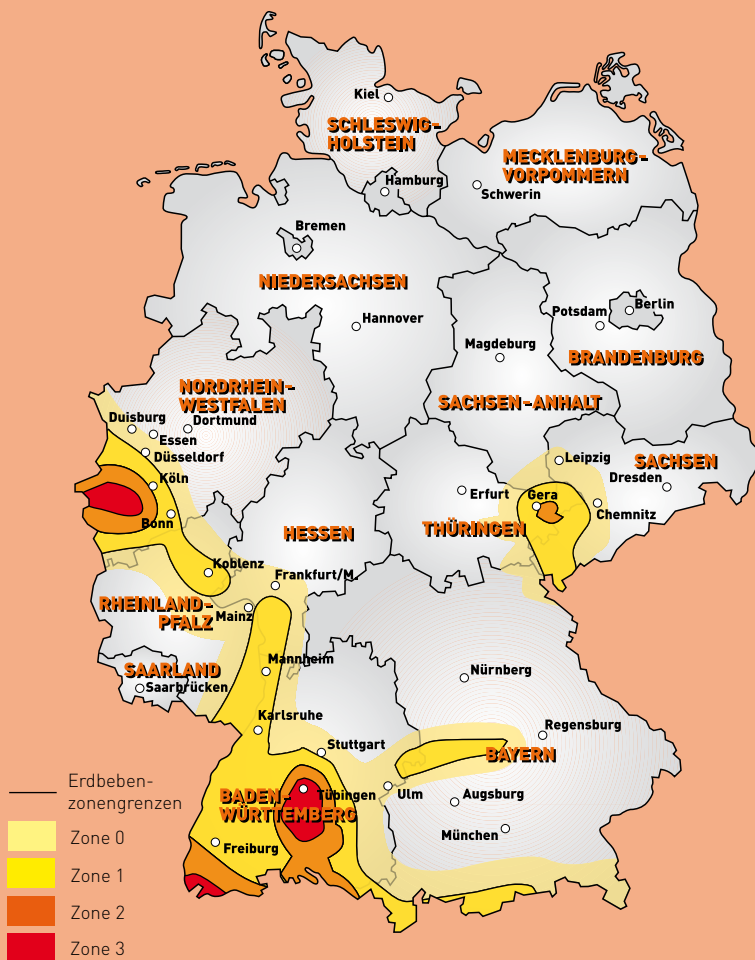
Schäden an Gebäuden treten ab Intensitäten von VI auf.

Historische und jüngere Beben in Deutschland und den Nachbarländern

Erdbeben bei	Jahr	Lokal-Magnitude	Intensität I _{max}	Todesopfer / Schaden
Herzogenrath	1877	n. b.	VIII	n. b.
Tollhausen	1878	n. b.	VIII	Tote
Albstadt	1911	6,1	VIII	n. b.
Saulgau	1935	5,8	VII-VIII	0,75 Mio. RM
Albstadt	1943	5,6	VIII	n. b.
Euskirchen	1951	6,0	VII-VIII	n. b.
Albstadt	1978	5,7	VII-VIII	75 Mio. EUR
Roermond	1992	5,9	VII	Verletzte
Waldkirch	2004	5,4	VI	3 Mio. EUR

Erdbeben-Häufigkeit in Deutschland

Magnitude (MW)	Anzahl/Jahr
3-4	6
4-5	0,7
5-6	0,2



Erdbebenzonenkarte

Auf der Basis neuerer Forschungen wurde die Erdbebenzonenkarte, mit insgesamt vier Erdbebenzonen neu definiert, denen mit Ausnahme der Zone 0 jeweils eine Grundbeschleunigung α_g zugeordnet wird.

Intensitätsintervalle und Bodenbeschleunigungen zu den Erdbebenzonen

Erdbebenzone	Intensitätsintervalle I	Bemessungswert Bodenbeschleunigung α_g (m/s ²)
0	$6 \leq I < 6,5$	-
1	$6,5 \leq I < 7$	0,4
2	$7 \leq I < 7,5$	0,6
3	$7,5 \leq I$	0,8

Intensitätsskala EMS98 (Auszug)

EMS-Intensität	Definition	Beschreibung der beobachteten typischen Effekte
I	nicht gespürt	Keinerlei Wahrnehmungen durch Menschen
II	sehr selten gespürt	Nur von sehr wenigen Personen (< 1%) in Ruhe und in sehr empfindlicher Position innerhalb von Gebäuden wahrgenommen.
III	schwach	Von wenigen Personen in Gebäuden wahrgenommen als leichtes Schwingen und Vibrieren.
IV	weitgehend beobachtet	In Gebäuden von vielen, im Freien aber nur von sehr wenigen Personen wahrgenommen; leichtes Schwingen oder Vibrieren von Gebäuden.
V	stark	In Gebäuden von den meisten und im Freien von einigen wahrgenommen; starke Erschütterungen des ganzen Gebäudes, Türen und Fenster können auf- und zuschlagen; Wenige Gebäude schlechter Bausubstanz können leichte Schäden aufweisen.
VI	geringe Schäden	Einige Objekte fallen um, Möbel können rutschen. Viele Häuser erleiden geringe Schäden wie Haarrisse oder Abfallen kleiner Putzflächen.
VII	Schäden	Viele gut gebaute gewöhnliche Bauten erleiden mäßige Schäden wie kleine Risse in Wänden. Bei älteren Gebäuden können größere Risse in Wänden auftreten.
VIII	starke Schäden	Viele Leute haben Schwierigkeiten, stehen zu bleiben. Viele Häuser weisen große Risse in den Wänden auf. Einige gut gebaute, normale Bauten zeigen ernsthafte Versagensschäden von Wänden. Schwache ältere Gebäude können einstürzen.

Interessante Links zum Thema Erdbeben in Deutschland:

www.gfz-potsdam.de

www.seismologie.bgr.de

Quelle:

GeoForschungsZentrum Potsdam
 Intensitätsintervall I nach der europäischen Makroseismischen Skala (EMS)

Erdbebensicher Planen und Bauen nach DIN 4149 - Ausgabe 2005

„Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten.

Gebäude in deutschen Erdbebengebieten sind meist besser geplant und gebaut als in vielen anderen Ländern. Damit Gebäude einem Erdbeben standhalten und um Schäden zu minimieren, müssen sie entsprechend entworfen, bemessen und konstruiert werden.

Im Hinblick auf die hohe Siedlungs- und Industriedichte in Deutschland gibt es eine entsprechende Norm: DIN 4149 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“, welche 2005 novelliert wurde.

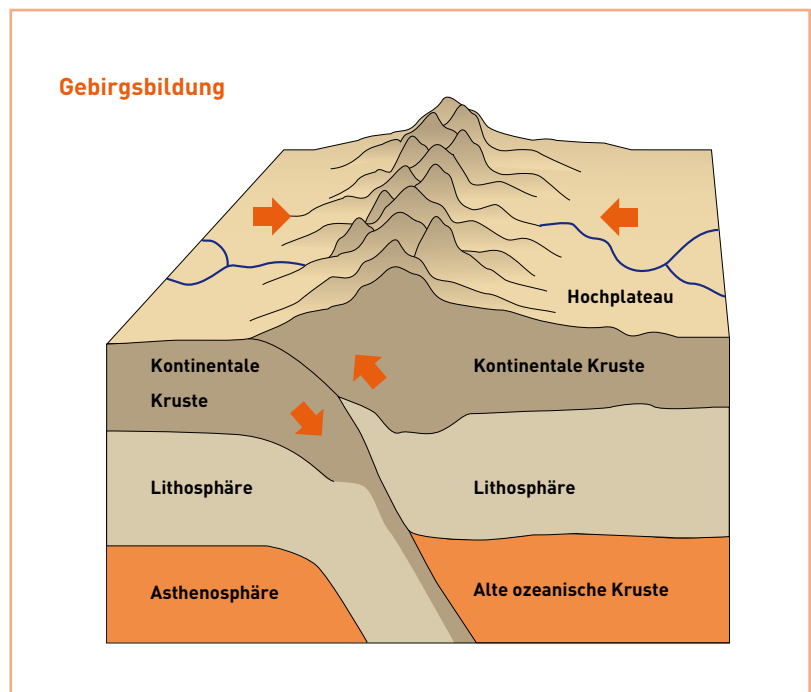
Basis für die im April 2005 erschienene Neu-Auflage der DIN 4149 ist die europäische Norm EN 1998-1:2004 (Eurocode 8). Diese regelt die Bemessung und Konstruktion von Bauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus in Erdbebengebieten und stellt sicher, dass bei Erdbeben Menschenleben geschützt, Schäden begrenzt werden und wichtige Bauwerke zum Schutz der Bevölkerung funktionstüchtig bleiben. Durch den Aufbau des semiprobabilistischen Sicherheitskonzeptes der neuen Normgeneration, das auch in DIN 4149:2005 verankert ist, ist eine Kombination mit DIN 1052:1988 nicht zulässig, da diese nach dem Konzept der zulässigen Spannungen aufgebaut ist.

Verschiebungen und Verkantungen der Erdplatten in großer Tiefe verursachen an der Oberfläche Bodenwellen, durch die Gebäude dynamisch angeregt werden. Von maßgeblicher Bedeutung für die Intensität der Wellen ist die Beschaffenheit des Untergrundes.

Bedeutungsbeiwert

Nach DIN 4149:2005 wird in Abhängigkeit des Baugrundes und des geologischen Untergrundes ein Untergrundparameter ermittelt, der mit der Grundbeschleunigung und einem nutzungsabhängigen Bedeutungsbeiwert multipliziert wird (siehe Tabelle).

Bedeutungskategorie	Nutzungs-Beispiel	Bedeutungsbeiwert
I	landwirtschaftliche Bauten	0,8
II	Wohngebäude	1,0
III	Verwaltungsgebäude	1,2
IV	Krankenhäuser	1,4

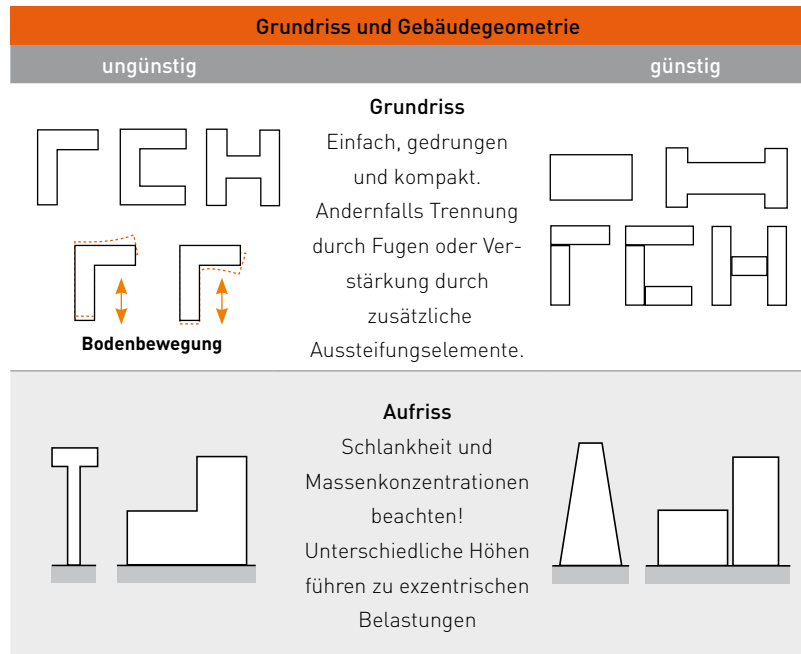


Die DIN 4149 ist zwischenzeitlich in allen betroffenen Bundesländern ohne Übergang bauaufsichtlich eingeführt und muss daher vom Tragwerksplaner angewendet werden.

Grundriss und Gebäudegeometrie

Bevor die Gebäude statisch berechnet werden, sollte eine Optimierung in Form eines erdbebengerechten Entwurfes vorgenommen werden. Kompakte Baukörper sind günstiger als aufgegliederte Baukörper.

Die Entwurfsanforderungen zielen in erster Linie darauf ab, ein möglichst regelmäßiges Bauwerk zu erhalten. Diese Regelmäßigkeit ist gegeben, wenn Masse und Steifigkeit im Grundriss und Aufriss gleichmäßig verteilt sind. Dadurch werden Torsionsschwingungen minimiert. Bei Gebäuden, bei denen das Regelmäßigkeitskriterium eingehalten ist, kann je nach Bedeutungskategorie und Geschossigkeit auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden (DIN 4149 Tab. 8).



Antwortspektrenverfahren

Die konstruktiven Bedingungen, zug- und druckfeste Anschlüsse der einzelnen Bauteile, sind wie bei nicht vom Nachweis befreiten Gebäuden einzuhalten. Durch eine Erdbebenberechnung wird ermittelt, wie ein Gebäude unter der Beanspruchung einer Erdbebenwelle reagiert (Antwortspektrenverfahren).

Neben der Intensität auf der Beanspruchungsseite der Erdbebenwelle ist insbesondere die Steifigkeit sowie die Masse des Gebäudes von zentraler Bedeutung. Die anzusetzende Masse des Gebäudes wird nach DIN 4149 und DIN 1055-100 ermittelt.

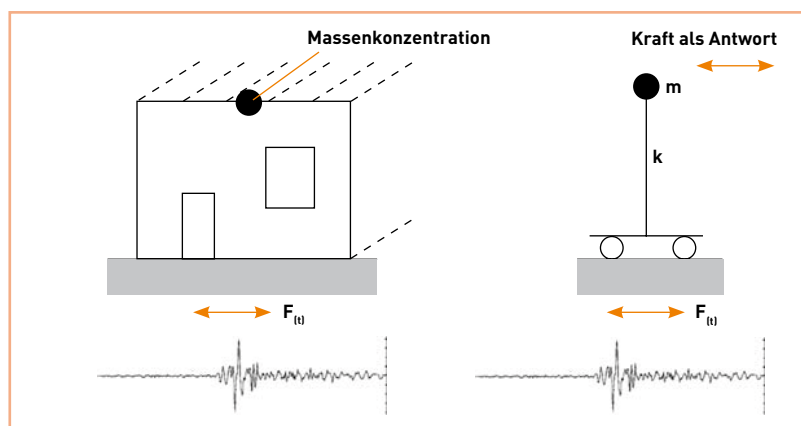
$$M = (\sum G_{ki} \oplus \sum \Psi_{Ei} \cdot Q_{ki}) / 9,81$$

Aus der Systemsteifigkeit sowie der Gebäudemasse lässt sich die Schwingdauer der aussteifenden Bauteile berechnen.

In Abhängigkeit der Schwingdauer wird nach DIN 4149 § 5.4.2 die Bemessungsbeschleunigung ermittelt.

Die Gesamtgebäudemasse multipliziert mit der Bemessungsbeschleunigung ergibt die Gesamterdbebenkraft, mit der die weiteren statischen Nachweise geführt werden.

Diese Erdbebenkraft wird nach entsprechender Aufteilung auf die einzelnen Geschosse über die Gesamthöhe des Gebäudes und nach Verteilung auf die aussteifenden Wandscheiben als statische Ersatzlast angesetzt. Die Aufteilung auf die Wandscheiben erfolgt nach der Tragfähigkeit und nicht nach der Steifigkeit. Die weitere Bemessung der Wandtafeln erfolgt gemäß DIN 1052:2004 § 8.7 und § 10.6.



Vorteile für den Holzbau bei Erdbeben

Vielen Planern, Ingenieuren und Bauherren ist nicht bewusst, dass die Holzbauweise hohe Sicherheiten bei Erdbeben bietet.

Holz wird seit Beginn der Zivilisation als vielfältiger Baustoff eingesetzt. Davon zeugen noch heute Bauwerke und Sehenswürdigkeiten in aller Welt. In den vergangenen Jahrhunderten kam Holz auch in Extremerdbebengebieten als Baustoff, z. B. für mehrgeschossige Wohnhäuser oder bei Tempelbauten zum Einsatz.

Die Leistungsfähigkeit von wirtschaftlichen Holzkonstruktionen wird heute nicht nur durch statisch anspruchsvolle Bauwerke wie Brücken und weit gespannte Hallen, sondern auch durch viele erdbebensichere Bauwerke belegt.

Moderne Tragwerkskonstruktionen in Holzbauweise bieten nahezu unbegrenzte Möglichkeiten. Dies zeigen mehrgeschossige, teilweise 4-5 geschossige Bauwerke. Die geringe Masse erzeugt im Erdbebenfall weniger Trägheitskräfte.

Ständer und Beplankung bilden im Holztafelbau ein wirtschaftliches System. Die Beplankung, z. B. aus Gipsfaser-Platten, verhindert das seitliche Ausknicken bzw. Kippen der Holzständer. Die Befestigung erfolgt mit mechanischen Befestigungsmitteln, z. B. Klammern oder Nägeln.

Folgende Punkte können bei der Planung Einfluss auf ein erdbebensicheres Gebäude nehmen:

- Grundrissgestaltung
- Aussteifungskonzept
- Bauwerkshöhe
- Tragwerkausbildung
- Auswahl der Baumaterialien
- Verteilung der Massen und Steifigkeiten
- Duktilität der Tragstruktur

Lastableitung im Erdbebenfall

Ein wichtiges Kriterium für die Erdbebensicherheit eines Gebäudes ist eine möglichst direkte Lastableitung der einzelnen Bauteile bis in das Fundament. Zudem spielt die Duktilität der Wand- und Deckenscheiben (Zähigkeit der Tragstruktur) eine besonders große Rolle. Die Bauteile sind so zu bemessen, dass sie die Lasten und Erdbebenkräfte sicher aufnehmen können.

Die DIN 4149:2005 wurde wie der Eurocode 8 auf das neue Sicherheitskonzept – semiprobabilistisches Konzept der Bemessung nach Grenzzuständen – umgestellt. Bei Erdbebennachweisen von Holzbauten ist für die Bemessung die DIN 1052:2004-08 heranzuziehen.



Mehrgeschossiges Gebäude in Holztafelbauweise mit FERMACELL Gipsfaser-Platten.



Fertigung einer Wand in Holztafelbauweise mit FERMACELL Gipsfaser-Platten.

Duktilität

Die Duktilität der Tragstruktur eines Gebäudes in Holzbauweise begünstigt das Gesamtverhalten unter Erdbebeneinwirkungen.

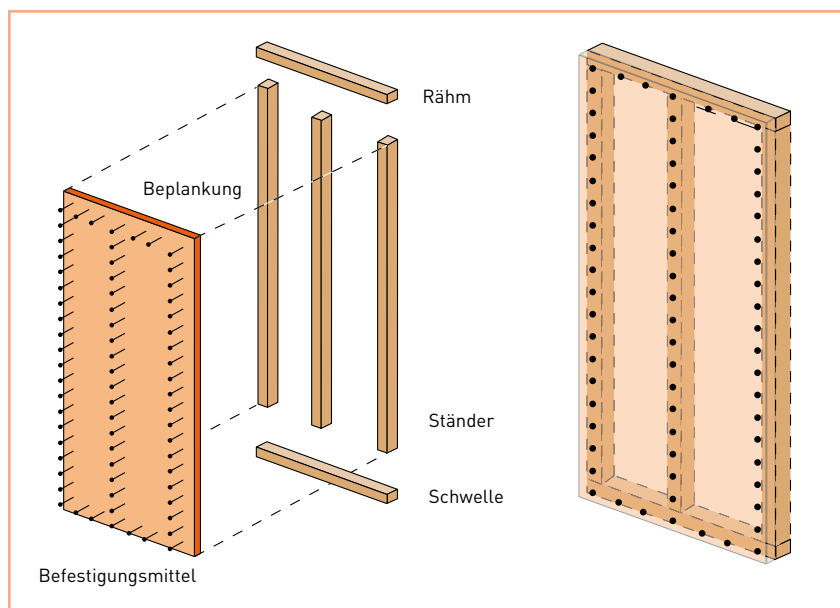
In Holzkonstruktionen werden duktile Ketten über Verbindungen der einzelnen Bauteile gebildet. Eine entsprechende Dimensionierung der Verbindungen gewährleistet eine Verformung durch plastische Anteile.

Die Duktilität der Verbindungen kann durch plastische Verformung der Verbindungsmittel im Falle eines starken Bebens Energie umwandeln. Dieser Energieabbau erfolgt durch die Anzahl der Verbindungsmittel im Zusammenspiel von Beplankung und Holzunterkonstruktion.

Die Bildung der Fließgelenke im Übergang von Beplankung und Holzunterkonstruktion ist beispielhaft im Bild oben rechts dargestellt.

Im Holzbau können die anzusetzenden Horizontallasten je nach Aussteifungssystem durch sogenannte Verhaltensbeiwerte q abgemindert werden. Durch die plastische Verformung der Verbindungsmittel wird Energie abgebaut, somit muss für die weitere Bemessung nur ein Teil der Kraft angesetzt werden. Die unterschiedlichen Aussteifungssysteme werden in Duktilitätsklassen eingestuft, denen je ein so genannter Verhaltensbeiwert zugeordnet ist.

Holzbauten können generell mindestens in die Duktilitätsklasse 1 ($q = 1,5$) eingeordnet werden. Je nach Größe der Dissipationsfähigkeit des Aussteifungssystems, ist eine Einordnung in Duktilitätsklasse 2 oder 3 ($q = 2,5$ bzw. $q = 4,0$) möglich.



Plastische Verformung und Lochaufweitung nach der zyklisch-dynamischen Beanspruchung der Konstruktion. FERMACELL Gipsfaser-Platten (oben), Holzunterkonstruktion (rechts), Verbindungsmittel (unten).

Die DIN 4149:2005 trägt diesem duktilen Verhalten von Holzkonstruktionen Rechnung.

Mehr Sicherheit mit FERMACELL

Bereits seit 2004 beschäftigt sich FERMACELL mit dem Thema „Seismische Bemessungen“.

Die Konzeption von Bauwerken in Erdbebengebieten mit der richtigen Wahl der einzusetzen- den Baustoffe gibt Planungs- und Nutzungssicherheit. FERMACELL Gipsfaser-Platten können jetzt schon für die Bemessung in allen Erdbebenzonen Deutschlands uneingeschränkt eingesetzt werden.

Anfang 2005 begannen unter der Leitung der Materialprüfungsanstalt Stuttgart (Universität Stuttgart) zahlreiche Untersuchungen sowie Prüfungen im material- und bautechnologischen Bereich. Damit stellt Xella die Leistungsfähigkeit der FERMACELL Gipsfaser-Platten für die seismische Bemessung mit folgender Zielsetzung sicher: Xella strebt an, die FERMACELL Gipsfaser-Platten in die Duktilitätsklassen 2 und 3 entsprechend der DIN 4149:2005 einzuordnen. Diese Duktilitätsklassen entsprechen dem mittleren und hohem Energiedissipationsvermögen gem. EN 1998-1:2004.

- Erweiterung der nationalen Materialzulassung: Z-9.1-434
- Erweiterung der europäischen technischen Zulassung: ETA 03-0050 (in Arbeit)

Versuchsprogramm

Mit den Vorteilen eines nicht brennbaren Baustoffs für den statischen Einsatz, wurde ein umfangreiches Versuchsprogramm mit FERMACELL Gipsfaser-Platten absolviert.

Im Rahmen der Zulassungserweiterungen wurden verschiedene Aspekte berücksichtigt um das komplexe System-Zusammenspiel der Konstruktion aufzuzeigen:

- FERMACELL Gipsfaser-Platten
- Holzunterkonstruktion
- Befestigungsmittel

Für das Versuchsprogramm wurde ein mehrstufiger Ablauf (siehe I-III) koordiniert, bei dem die Erkenntnisse sowie Ergebnisse die ganzheitlichen Möglichkeiten darstellen. Hierbei wird deutlich, dass bei belasteten zyklisch / dynamischen Beanspruchungen die Leistungsfähigkeit des Gesamtbauteils die Optimierung der oben genannten drei Systembestandteile darstellt.

Fazit

Die Standsicherheit und Stabilität an den untersuchten Bauteilen mit FERMACELL Gipsfaser-Platten war bei allen durchgeführten Erdbebenbelastungen in vollem Umfang gewährleistet.

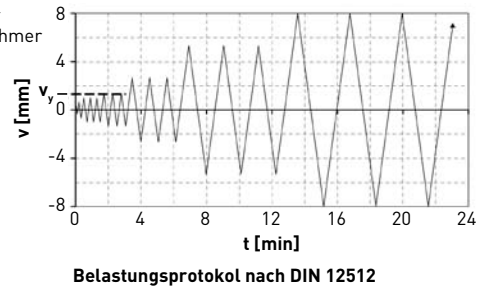
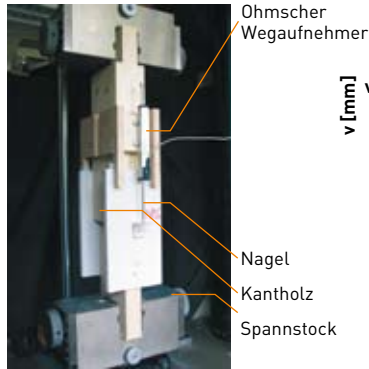
Dieses komplexe Versuchsprogramm bildet somit die Basis für die Erweiterung der nationalen und europäischen Zulassungen von FERMACELL Gipsfaser-Platten zur Bemessung in seismisch beanspruchten Gebieten.

FERMACELL Gipsfaser-Platten sind für die Bemessung von Gebäuden in Holztafelbauart für alle Erdbebengebiete in Deutschland zugelassen.

I. Kleinbauteile und Einfluss der Verbindungsmittel

In der ersten Stufe wurden an Kleinproben folgende Einflüsse untersucht und Belastungsprotokollen nach DIN EN 12512 ausgesetzt:

- Verbindungsmittel bezüglich Durchmesser und Abstände
- Einschlagtiefe und Randabstände



II. Realbauteilversuche an Wandtafeln

In der zweiten Stufe wurden vergleichende Untersuchungen an statisch monoton und statisch zyklisch beanspruchten Wandtafeln durchgeführt.

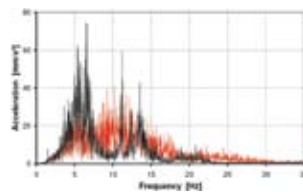
Zyklisch dynamische Wandtafelversuche (belastet).
Herausziehen und niederzyklisches Versagen der Klammern.



III. Realbauteilversuche Shake Table

Anhand von Shake Table Versuchen wurden Erdbebenbeanspruchungen und deren Auswirkungen an belasteten Bauteilen, die mit FERMACELL Gipsfaser-Platten beplankt waren, mit folgenden Amplitudenspektren unter anderem durchgeführt:

Erdbebenort / Jahr	Magnitude	Intensität
D Albstadt (1978)	5,7	VII-VIII
J Kobe (1995)	6,8	X-XI
MNE Petrovac (1979)	6,9	VIII-IX

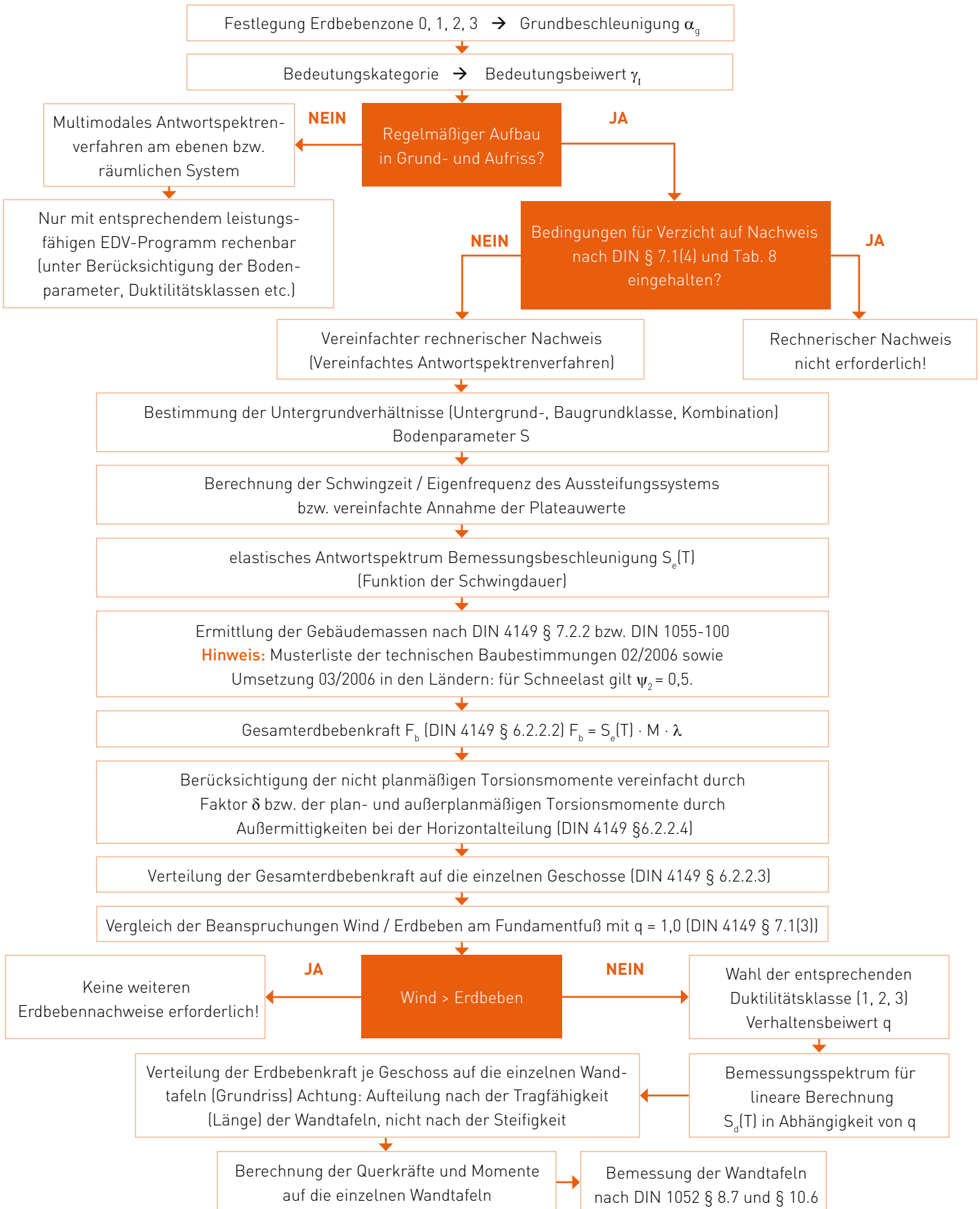


Shake Table Versuche (belastet) . Herausziehen der Klammern nach Petrovac.

Ablaufdiagramm

Zur Bemessung von Gebäuden in seismisch beanspruchten Gebieten.

B. Walter, T. Wiesenkämper (11.2007)



Erläuterung zum Diagramm

Im Ablaufdiagramm auf Seite 10 ist die Vorgehensweise bei der Nachweisführung zur Bemessung von Gebäuden in seismisch beanspruchten Gebieten dargestellt.

Es zeigt verständlich die jeweiligen Schritte, im direkten Bezug auf die in der DIN 4149 aufgeführten Abschnitte.

Bei der Bemessung gemäß der DIN 4149:2005 wird im Rahmen des Ablaufschemas nochmals deutlich, dass für den Bereich der mitgeltenden Normen die DIN 1052:2004-08 sowie DIN 1055-100 Berücksichtigung finden müssen.

Für die Anwendung bietet Xella Trockenbau-Systeme ein Bemessungsbeispiel eines mit FERMACELL Gipsfaser-Platten ausgesteiften, 3-geschossigen Gebäudes in Holztafelbauart (Verwaltungsgebäude / Bedeutungskategorie 3) in der Erdbebenzone 3 an.

Die Beispielberechnung für ein 3-geschossiges Gebäude in Holztafelbauart finden Sie im Downloadbereich unter www.fermacell.de

Besonderen Dank für die Mitwirkung an der Broschüre gilt der Ingenieurgesellschaft mbH Aachen unter der Leitung von Dipl.-Ing. Burkhard Walter.

Impressum

Diese Erdbeben-Broschüre entstand unter der Mitwirkung von:

- Dipl.-Ing. Burkhard Walter, Ingenieurgesellschaft mbH, Aachen
- Materialprüfungsanstalt MPA Stuttgart, Otto-Graf-Institut FMPA Universität Stuttgart
- Holzabsatzfonds, Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Bonn
- GFZ GeoForschungsZentrum Potsdam, Stiftung des Öffentlichen Rechts
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

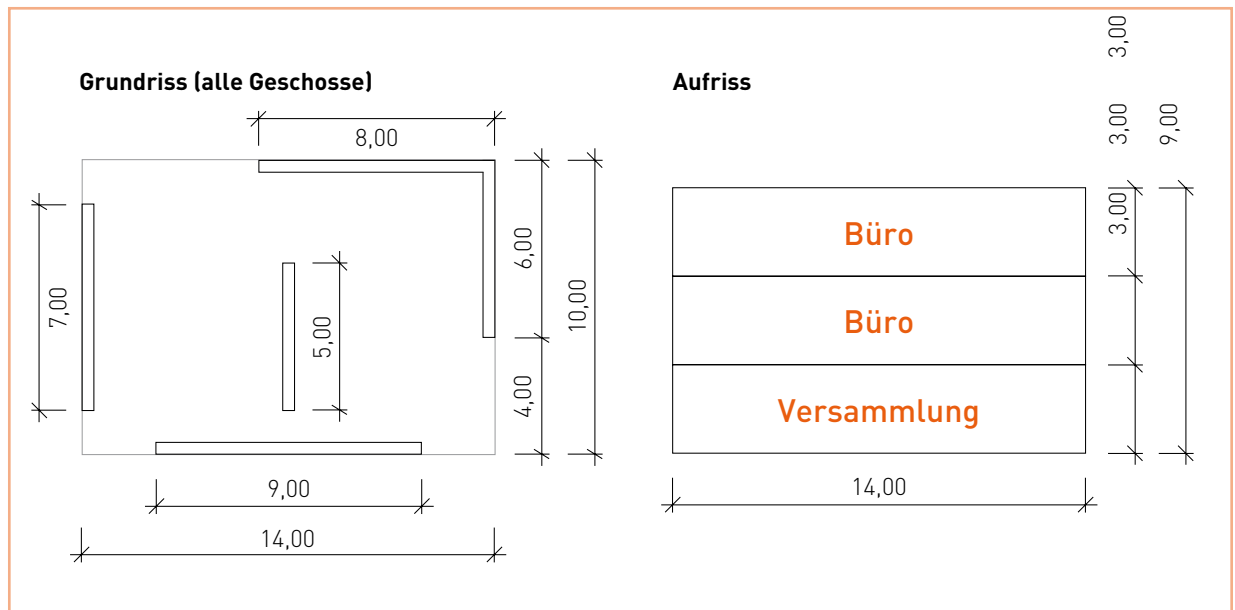
Beispielberechnung: 3-geschossiges Gebäude mit Holztafelbauart

Gebäudeart und Lage

Gebäudebeschreibung

Es handelt sich um ein 3-geschossiges Verwaltungsgebäude in Holztafelbauart. Das Gebäude befindet sich in der Erdbebenzone 3, Unterklasse R und Baugrundklasse A. Die Aussteifung des Gebäudes erfolgt über Wandtafeln, die beidseitig mit 15 mm FERMACELL Gipsfaser-Platten (gem. Z-9.1-434) beplankt sind.

Skizze



Bauart: Holztafelbauweise 3-geschossig

Erdbebenzone 3 (DIN 4149 Bild 2)

Bemessungswert der Bodenbeschleunigung	$a_g = 0,8 \text{ m/s}^2$	DIN 4149 Tab. 2
--	---------------------------	-----------------

Nutzung: Verwaltungsgebäude – Bedeutungskategorie III

Bedeutungsbeiwert	$\gamma_1 = 1,2$	DIN 4149 Tab. 3
-------------------	------------------	-----------------

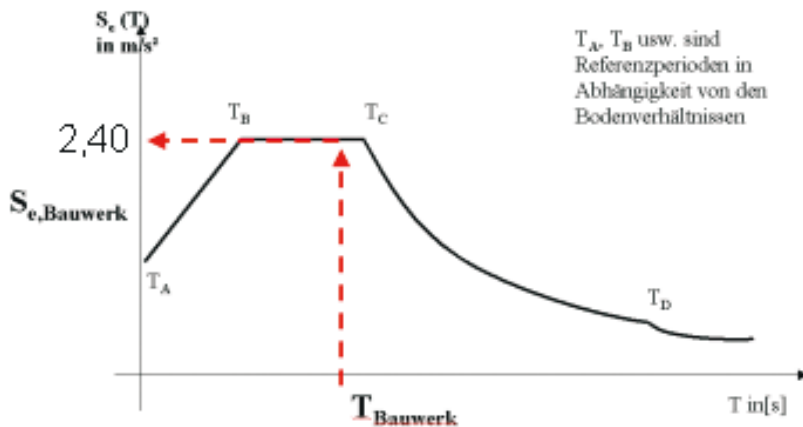
Bedingungen für den Entfall des rechnerischen Standsicherheitsnachweises **nicht** erfüllt! DIN 4149 Tab. 8

Baugrundklasse A, Untergrundklasse R		DIN 4149 Bild 3
Untergrundparameter	$S = 1,00$	DIN 4149 Tab. 4

Beiwerte

Dämpfungs-Korrektur-Beiwert	$\eta = 1,0$	DIN 4149 § 5.4.2
-----------------------------	--------------	------------------

Verstärkungsbeiwert	$\beta_0 = 2,5$	DIN 4149 § 5.4.2
---------------------	-----------------	------------------



Elastisches Antwortspektrum

Die Bemessungsbeschleunigung steht in Abhängigkeit der Schwingdauer der aussteifenden Bauteile. Das Gebäude besitzt eine sehr große Horizontalsteifigkeit. Daher wird die Bemessungsbeschleunigung auf der sicheren Seite liegend für das maximal mögliche **horizontale Plateau** (maximal mögliche Beschleunigung) berechnet.

für $T_B \leq T < T_C$ $S_e(T) = a_g \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0$ DIN 4149 § 5.2.4

mit den zuvor ermittelten Werten ergibt sich:

$$S_e(T) = a_g \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0 = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = 2,40 \text{ m/s}^2$$

Hinweis: Für eine genauere Berechnung der Schwingdauer siehe Fachliteratur z. B. Bautechnik (Ausgabe: 01/2008)

Bemessungsspektrum für die lineare Berechnung

$$S_d(T) = S_e(T)/q$$

(ab Schwingdauer T_A)

Gemäß DIN 4149 § 10.1 (2) dürfen alle Holzbauten mindestens in die Duktilitätsklasse 1 eingestuft werden. Daher wird das zuberechnende Gebäude in die Mindestduktilitätsklasse 1 eingeordnet. D. h. die aus der Erdbebenberechnung ermittelten Kräfte dürfen durch einen konstruktions- und bauartspezifischen Verhaltensbeiwert $q = 1,5$ (DIN 4149 § 10.2 (4)) abgemindert werden.

Damit ergibt sich die durch den Verhaltensbeiwert reduzierte Bemessungsbeschleunigung für das horizontale Plateau

$$S_d(T) = S_e(T)/q = 2,40/1,50 = 1,60 \text{ m/s}^2$$

Ermittlung der Massen

Die Ermittlung der Massen erfolgt gemäß DIN 4149 § 5.5 nach den Kombinationsregeln der DIN 1055-100 für die Bemessungssituation Erdbeben unter Berücksichtigung der Kombinationsbeiwerte ψ_{Ei} .

$$M = \left(\sum G_{kj} \oplus \sum \psi_{Ei} \cdot Q_{ki} \right) 9,81$$

$$\psi_{Ei} = \varphi \cdot \psi_{2i} \quad (\text{DIN 4149 § 5.5})$$

$\varphi = 1,0$ für Verkehrslasten oberstes Geschoss
 $\varphi = 0,7$ für Verkehrslasten andere Geschosse

Eigenlasten

Dachdecke (Gründach, Brettstapeldecke, Unterdecke)	$g_{k,DG} = 4,00 \text{ kN/m}^2$
Geschossdecken (Estrich + Belag, Dämmung, Brettstapeldecke, Unterdecke)	$g_{k,1} = 4,00 \text{ kN/m}^2$
Wände je Geschoss	$G_{k,Wände} = 100 \text{ kN}$

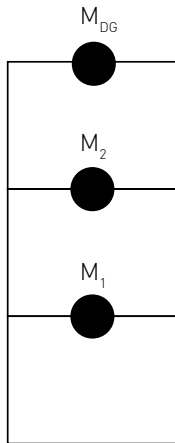
Schneelast

Schneelastzone 2, Flachdach Formbeiwert $\mu_1 = 0,8$ $s_k = 0,85 \cdot 0,8 = 0,68 \text{ kN/m}^2$ mit $\psi_2 = 0,5$ für Schnee laut Ministerialblatt $0,5 \cdot 0,68 = 0,34 \text{ kN/m}^2$	$s_k^* = 0,34 \text{ kN/m}^2$
--	-------------------------------

Verkehrslasten

Kategorie B1	$q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$
Trennwandzuschlag	$\Delta q_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$
mit $\psi_2 = 0,3$ für Bürogebäude Kat. B und mit $\varphi = 1,0$ für Verkehrslasten oberstes Geschoss	$q_{k,2}^* = 0,3 \cdot (2,00 + 0,80) = 0,84 \text{ kN/m}^2$
mit $\psi_2 = 0,3$ für Bürogebäude Kat. B und mit $\varphi = 0,7$ für Verkehrslasten andere Geschosse, deren Nutzung in Abhängigkeit zueinander steht	$q_{k,1}^* = 0,3 \cdot 0,7 \cdot (2,00 + 0,80) = 0,59 \text{ kN/m}^2$

Massen Geschossweise



$$M_{DG} = [A_{DG} \cdot (g_{k,DG} + s_k^*) + 0,5 \cdot G_{k,W\ddot{a}nde}] / 9,81$$

$$= [14 \cdot 10 \cdot (4,00 + 0,34) + 0,5 \cdot 100] / 9,81$$

$$= 67,03 \text{ to}$$

$$M_2 = [A_{\text{Geschoss}} \cdot (g_{k,1} + q_{k2}^*) + 2 \cdot G_{k,W\ddot{a}nde} / 2] / 9,81$$

$$= [14 \cdot 10 \cdot (4,00 + 0,84) + 2 \cdot 100 / 2] / 9,81$$

$$= 79,27 \text{ to}$$

$$M_1 = [A_{\text{Geschoss}} \cdot (g_{k,1} + q_{k1}^*) + 2 \cdot G_{k,W\ddot{a}nde} / 2] / 9,81$$

$$= [14 \cdot 10 \cdot (4,00 + 0,59) + 2 \cdot 100 / 2] / 9,81$$

$$= 75,70 \text{ to}$$

Gesamtmasse

$$M_{\text{Gesamt}} = M_{DG} + M_2 + M_1$$

$$= 67,03 + 79,27 + 75,70$$

$$= 222,0 \text{ to}$$

Gesamterdbebenkraft

$$F_b = S_d(T) \cdot M \cdot \lambda$$

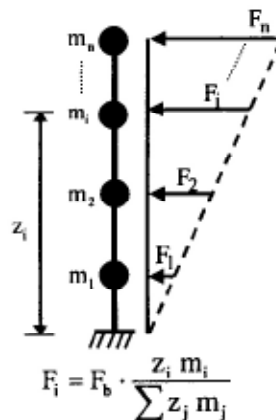
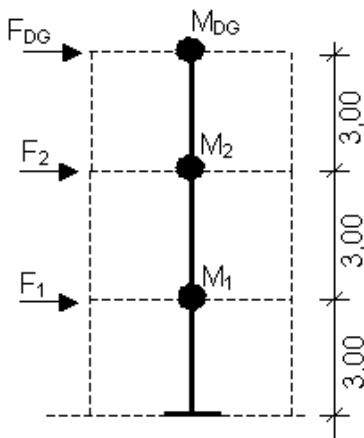
$$= 1,60 \cdot 222,0 \cdot 0,85$$

$$= 301,9 \text{ kN}$$

mit $\lambda = 0,85$ gemäß DIN 4149 § 6.2.2.2 für Gebäude mit mehr als zwei Geschossen
Gesamterdbebenkraft am Fußpunkt des Gebäudes

Verteilung auf die einzelnen Geschosse

Vereinfacht linear über die Höhe (DIN 4149 § 6.6.6.3 (3))



$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j}$$

$$\sum z_j \cdot m_j = 9,0 \cdot 67,03 + 6,0 \cdot 79,27 + 3,0 \cdot 75,7$$

$$= 1306 \text{ [to} \cdot \text{m]}$$

$$F_{DG} = 301,9 \cdot \frac{9,0 \cdot 67,03}{1306}$$

$$= 139,4 \text{ kN}$$

$$F_2 = 301,9 \cdot \frac{6,0 \cdot 79,27}{1306}$$

$$= 110,0 \text{ kN}$$

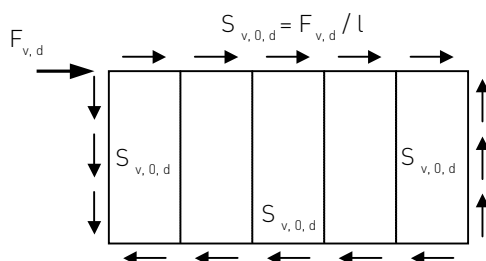
$$F_1 = 301,9 \cdot \frac{3,0 \cdot 75,7}{1306}$$

$$= 52,5 \text{ kN}$$

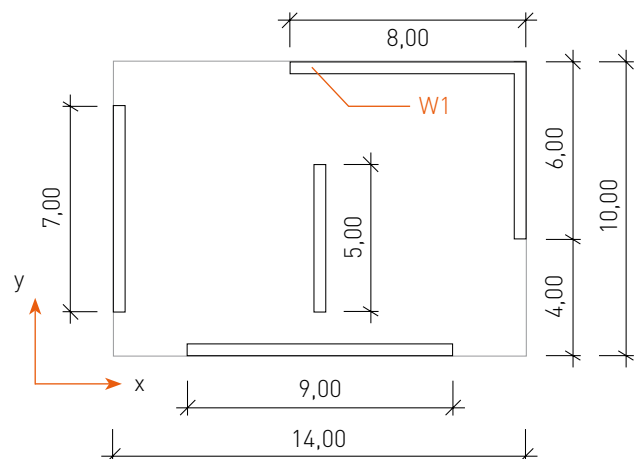
Verteilung auf die einzelnen Wandscheiben

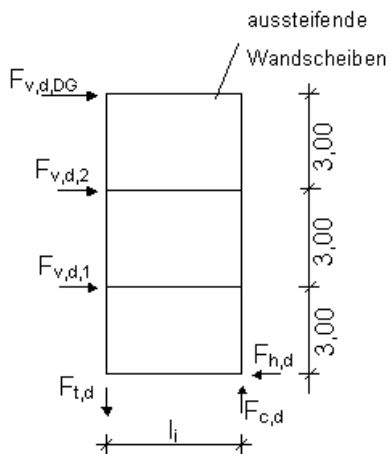
Anteilige Aufteilung der Horizontallasten auf die einzelnen Wandscheiben im Grundriss nach der Tragfähigkeit (Länge) der Wandscheiben und nicht nach der Steifigkeit.

Prinzipiskizze: Schubfluss



Grundriss (alle Geschosse)





Exemplarisch für Wandtafel Pos. W1 mit Berücksichtigung der nichtplanmäßigen Torsion nach DIN 4149 § 6.2.2.4.2 (vereinfacht)

Torsionsfaktor:

$$\delta \approx 1,0 + 0,6 \cdot \frac{5}{10} = 1,3$$

$$F_{v,DG} = \delta \cdot F_{DG} \cdot \frac{l_i}{l_{x,ges}}$$

$$= 1,3 \cdot 139,4 \cdot \frac{8}{17} = 85,3 \text{ kN}$$

$$F_{v,d,2} = 67,3 \text{ kN}$$

$$F_{v,d,1} = 32,1 \text{ kN}$$

- Ermittlung der Querkräfte und Momente
- Bemessung der Wandtafeln nach DIN 1052:2004 § 8.7 und § 10.6

Bemessung Wandtafel Pos. W1 (exemplarisch)

Schubfluss (Wandtafel im EG):

$$S_{v,0,d} = \frac{(F_{v,d,DG} + F_{v,d,2} + F_{v,d,1})}{l_i}$$

$$S_{v,0,d} = \frac{(85,3 + 67,3 + 32,1)}{8,0}$$

$$= 23,09 \text{ kN/m}$$

Gewählt: Beplankung beidseitig Fermacell t = 15 mm
Klammern 1,83 · 56 mm, Verbindungsmittelabstand a_v = 50 mm

Bemessungswert der längenbezogenen Schubfestigkeit: (k_{mod} = 1,1)

$$f_{v,0,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot k_{v1} \cdot R_d / a_v \quad \text{(Versagen der Verbindungsmittel)} \\ 2 \cdot k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot t \quad \text{(Schubversagen der Beplankung)} \\ 2 \cdot k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / a_r \quad \text{(Schubbeulen der Beplankung)} \end{array} \right.$$

$$f_{v,0,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot 1,0 \cdot 745,3 / 50 \quad = 29,8 \text{ N/mm} \\ 2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 2,96 \cdot 15 \quad = 44,4 \text{ N/mm} \\ 2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 2,96 \cdot 35 \cdot 15^2 / 625 \quad = 37,3 \text{ N/mm} \end{array} \right.$$

Verbindungsmittel maßgebend!

Nachweis:

$$\frac{S_{v,0,d}}{f_{v,0,d}} = \frac{23,09}{29,8} = 0,77 \leq 1,0$$

Zugkraft an der Bodenplatte:

$$F_{t,d} = (9,0 \cdot 85,3 + 6,0 \cdot 67,3 + 3,0 \cdot 32,1) / 8,0$$

$$= 158,5 \text{ kN}$$

Vertikallasten werden im Rahmen dieses Beispiels nicht berücksichtigt!

Der Nachweis der Verankerung der Wandtafel in der Bodenplatte sowie weitere erforderliche Nachweise, z. B. Verankerung der Wandtafeln mit der Gründung, Knicken und Schwellen-

Druckung, werden im Rahmen dieser Beispielberechnung nicht geführt.

Auflasten, welche die Zugkraft verringern werden ebenfalls nicht berücksichtigt.

Unsere Verkaufsbüros in Ihrer Nähe:

Xella Trockenbau-Systeme GmbH
FERMACELL Verkaufsbüro Nord
Robert-Hooke-Straße 6
D-28359 Bremen
Telefon: 0421 - 20260-0
Telefax: 0421 - 2026010

Xella Trockenbau-Systeme GmbH
FERMACELL Verkaufsbüro Süd
Ilzweg 9
D-82140 Olching
Telefon: 08142 - 65047-0
Telefax: 08142 - 6504710

Xella Trockenbau-Systeme GmbH
FERMACELL Verkaufsbüro Österreich
Bürocenter B 17
Brown-Boveri-Straße 6/4/24
A-2351 Wiener Neudorf
Telefon: +43(0)2236 - 42506
Telefax: +43(0)2236 - 42509

Xella Trockenbau-Systeme GmbH
FERMACELL Verkaufsbüro West
Brandenburgstraße 26
D-42389 Wuppertal
Telefon: 0202 - 52756-0
Telefax: 0202 - 5275610

Xella Trockenbau-Systeme GmbH
FERMACELL Verkaufsbüro Ost
Schillerstraße 3
D-10625 Berlin
Telefon: 030 - 895944-0
Telefax: 030 - 89594410

Xella Trockenbau-Systeme GmbH
FERMACELL Verkaufsbüro Schweiz
Südstraße 4
CH-3110 Münsingen
Telefon: +41(0)31 - 7242020
Telefax: +41(0)31 - 7242029

Xella Trockenbau-Systeme GmbH

Dammstraße 25
47119 Duisburg

www.fermacell.de

FERMACELL® und XELLA® sind eingetragene Marken der XELLA Gruppe.

Änderungen vorbehalten. Stand 12/2007

Es gilt die jeweils aktuelle Auflage.

Sollten Sie Informationen in dieser Unterlage vermissen,
wenden Sie sich bitte an unsere Xella Kundeninformation!

FERMACELL Informationsmaterial:

Telefon: 0800 - 5235665

Telefax: 0800 - 5356578

E-Mail: info@xella.com

www.xella.de