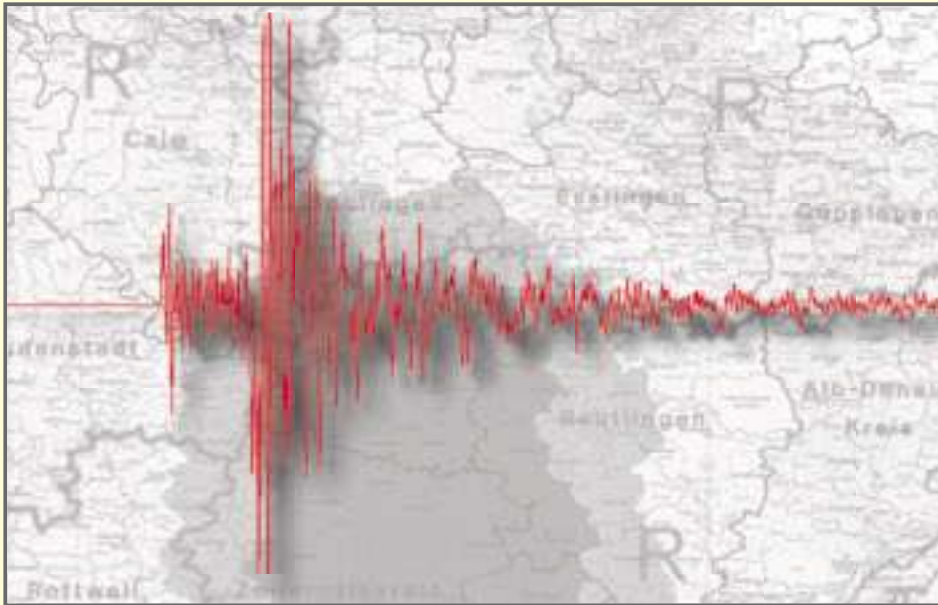


# Erdbebensicherer Bauen



Hinweise für  
das Bauen  
in Erdbebengebieten  
Baden-Württembergs



**Baden-Württemberg**

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM



Berichte über schwere Erdbeben in aller Welt mit zahlreichen Todesopfern und enormen Sachschäden sind Ihnen allen bekannt. In Deutschland

ist die Erdbebengefährdung im weltweiten Vergleich glücklicherweise relativ gering. Aber wie die Beben in der Niederrheinischen Bucht im Jahr 1992 und in Albstadt im Jahr 1978 in der jüngeren Vergangenheit anschaulich zeigten, sind sie dennoch nicht ganz auszuschließen. Aufgrund der dichten Besiedelung und der hohen Sachwerte ist das Schadenspotenzial entsprechend hoch.

Baden-Württemberg gehört zusammen mit Nordrhein-Westfalen zu den flächenmäßig am stärksten von Erdbeben betroffenen Ländern Deutschlands. Das Risiko starker Beben in Baden-Württemberg ist im Gebiet um Lörrach und im Zollernalbkreis am höchsten.

Erdbeben können nicht verhindert werden und trotz jahrelanger Forschung ist auch eine genaue Vorhersage des nächsten Erdbebens nicht möglich. Die Bevölkerung kann also nur durch die Errichtung erdbebensicherer Gebäude besser geschützt werden. Folgerichtig hat Baden-Württemberg als einziges Land in Deutschland bereits die erste Fassung der DIN 4149 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ baurechtlich eingeführt.

Begleitend zur baurechtlichen Einführung der zweiten Fassung von DIN 4149 hat das zuständige Ministerium schon im Jahre 1987 eine Informationsbroschüre zum Thema „Erdbebensicher Bauen“ herausgegeben.

Der vorliegende Text schreibt anlässlich der aktuellen Neufassung von DIN 4149 diese Broschüre fort. Sie dient der Information über das Phänomen Erdbeben und die sich daraus für das Bauen in Baden-Württemberg ergebenden Konsequenzen.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'E' followed by a plus sign and a stylized 'P'.

Ernst Pfister MdL  
Wirtschaftsminister des Landes  
Baden-Württemberg

Seite 3	<b>KAPITEL 1 Einleitung</b>
4	<b>KAPITEL 2 Phänomenologie von Erdbeben</b>
6	2.1 Entstehung und Ablauf
6	2.2 Stärke und Wahrnehmung von Erdbeben
6	2.3 Wirkung auf Bauwerke
6	2.3.1 Grundsätzlicher Mechanismus
6	2.3.2 Einfluss des Untergrundes
7	2.3.3 Einfluss des Schwingungsverhaltens der Bauwerke
8	<b>KAPITEL 3 Erdbeben in Baden-Württemberg</b>
8	3.1 Allgemeines
9	3.2 Der Landeserdbebendienst Baden-Württemberg
10	3.3 Versicherungsschutz
11	3.4 Verhalten bei einem Erdbeben
12	<b>KAPITEL 4 Erdbebengerechtes Entwerfen und Konstruieren</b>
12	4.1 Übersicht
13	4.2 Gestaltung der Bauwerke
13	4.2.1 Grundriss
15	4.2.2 Aufriss
15	4.3 Konstruktion
15	4.3.1 Prinzipien
16	4.3.2 Gründung
17	4.3.3 Decken
18	4.3.4 Mauerwerksscheiben
19	4.3.5 Holzkonstruktionen
19	4.3.6 Dächer
21	4.3.7 Nichttragende Bauteile
22	<b>KAPITEL 5 Normenwerk</b>
22	5.1 Entwicklung der Normung für erdbebensicheres Bauen in Deutschland
22	5.2 Inhalt und Anwendung der neuen DIN 4149
22	5.2.1 Geltungsbereich
23	5.2.2 Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen
24	5.2.3 Ermittlung der Bemessungslasten aus Erdbeben
25	5.2.4 Nachweis der Standsicherheit für den Lastfall Erdbeben
26	<b>KAPITEL 6 Baurechtliche Aspekte für das Bauen in Erdbebengebieten</b>
26	6.1 Grundlagen
27	6.2 Neubau
27	6.3 Bestehende bauliche Anlagen, Nutzungsänderung, Umbau
27	6.3.1 Bestehende bauliche Anlagen
27	6.3.2 Nutzungsänderung
27	6.3.3 Umbau
28	Literatur
29	Glossar

# Einleitung

Erdbeben gehören wegen ihres plötzlichen Auftretens und der in kürzester Zeit entstehenden Zerstörungen zu den unheimlichsten Naturgefahren, denen sich der Mensch ausgesetzt sieht.

Immer wieder werden wir mit Berichten über verheerende Erdbeben in aller Welt konfrontiert, bei denen Tausende von Menschen umgekommen, verletzt oder obdachlos geworden sind und immense Sachschäden verursacht wurden.

Glücklicherweise ist die Erdbebengefährdung in Deutschland im Vergleich mit den klassischen Starkbebengebieten nur als gering bis mittel einzustufen. Wie das letzte schwere Beben auf der Schwäbischen Alb im Jahre 1978 anschaulich zeigt, sollte das Erdbebenrisiko in bestimmten Regionen dennoch nicht unterschätzt werden.

Stärke, Ort und Zeitpunkt eines Erdbebens können nach derzeitigem Stand der Technik nicht vorhergesagt werden. Aufgrund seismologischer Beobachtungen lässt sich jedoch die Erdbebengefährdung, d. h. die statistisch zu erwartende Erdbebenintensität an einem bestimmten Standort, abschätzen. Erdbebenvorsorge besteht daher vor allem darin, Bauwerke unter Berücksichtigung der lokalen Erdbebengefährdung erdbebengerecht zu entwerfen, zu konstruieren und auszuführen.



Erdbebenschäden in Albstadt,  
Baden-Württemberg, 1978



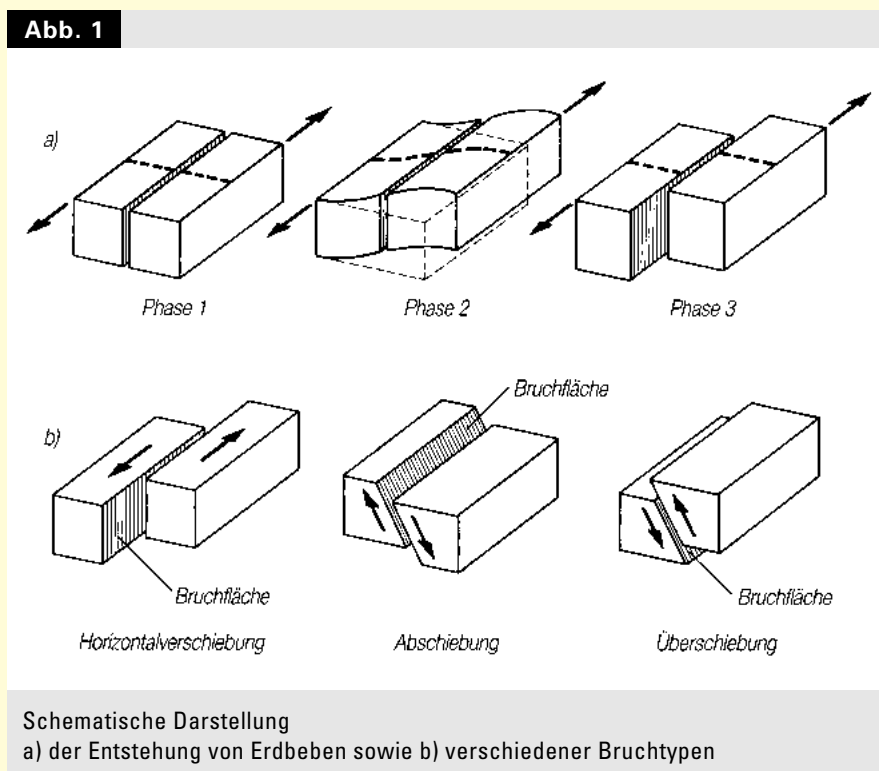
# Phänomenologie von Erdbeben

## 2.1 ENTSTEHUNG UND ABLAUF

Die Erdkruste besteht aus mehreren großen sogenannten Lithosphärenplatten (Eurasische Platte, Afrikanische Platte, Pazifische Platte, usw.), die sich aufgrund wärmebedingter Bewegungen im Erdinneren auseinander, gegeneinander oder aneinander vorbei bewegen. Diese tektonische Bewegung führt vor allem an den Plattengrenzen zu Spannungen. Überschreiten die Spannungen die Gesteinsfestigkeit, kommt es zu einem plötzlichen Bruchvorgang im Gestein der Erdkruste oder im obersten Erdmantel, welcher als tektonisches Erdbeben bezeichnet wird und dessen Auswirkungen wir als Erschütterungen des Erdbodens verspüren. Die Haupterdbebengebiete liegen entlang der Plattengrenzen, aber es treten Erdbeben in abgeminderter Form auch im Inneren der Platten auf.

In Abb 1 a) sind die drei Phasen eines Bruchvorganges entlang einer bereits existierenden vertikalen Bruchfläche dargestellt. Phase 1 zeigt die Ausgangslage mit Referenzlinie (gestrichelt) und einwirkenden tektonischen Kräften. In einer zweiten Phase bauen sich nun im Laufe der Zeit Deformationen der beiden benachbarten Gesteinsschollen auf. Bei diesem Vorgang wird, wie beim Spannen einer Feder, potentielle Energie gespeichert. Überschreiten die bei diesem Vorgang auftretenden Spannungen die Gesteinsfestigkeit, so kommt es zum Scherbruch an der Kontaktfläche (Herdfläche, Bruchfläche, Verwerfungsfläche) und die gespeicherte Energie wird schlagartig freigesetzt.

Abb. 1 b) zeigt schematisch, auf welche Weise sich Gesteinsschollen gegeneinander verschieben können. Beim Be-



## PHÄNOMENOLOGIE VON ERDBEBEN

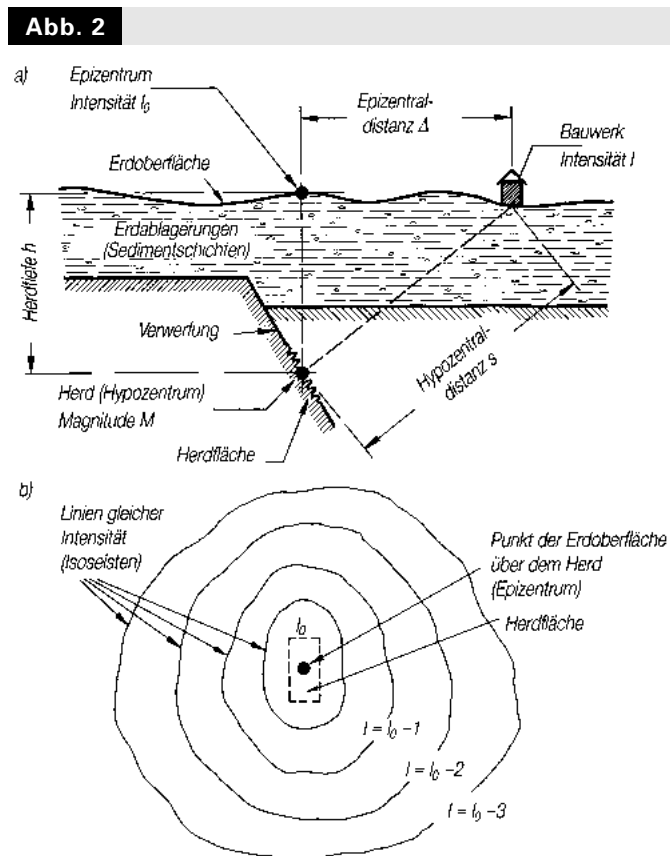
ben auf der Schwäbischen Alb im Jahr 1978 handelte es sich, wie vermutlich auch bei den vorangegangenen Beben von 1911 und 1943, um eine nahezu horizontale Verschiebung entlang einer fast senkrecht zur Erdoberfläche stehenden Bruchfläche (linkes Bild). Diese Bruchfläche gehört zu einem in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Bruchsystem, das sich vom Bodensee über Albstadt bis in den Raum Stuttgart erstreckt.

Bei Erdbeben in Deutschland lassen sich Richtung und Neigung von Erdbebenbruchflächen nicht ohne weiteres an der Erdoberfläche erkennen, da die hierzulande vorkommenden, relativ kleinen Blockverschiebungen mit Beträgen von weniger als einem Meter in Tiefen von mehreren Kilometern stattfinden und daher fast vollständig durch die darüber lagernden Gesteinsschichten wieder ausgeglichen werden.

Abb. 2a) zeigt als Prinzipskizze einen Schnitt durch das Herdgebiet eines Erdbebens mit einer geneigten Bruchfläche (Verwerfung) und darüber lagernden Gesteinsschichten (Sedimentschichten). Der Ausgangspunkt des Erdbeben-Bruchvorgangs wird als Hypozentrum, der lotrecht darüber liegende Punkt an der Erdoberfläche als Epizentrum bezeichnet. Die auf der Bruchfläche erzeugten seismischen Wellen breiten sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten als Raumwellen durch das Erdinnere (Kompressions- und Scherwellen) und als Oberflächenwellen entlang der Erdoberfläche aus. Die Wellenvorgänge führen an der Erdoberfläche zu den als Erdbeben wahrgenommenen Bodenbewegungen.

Das Gebiet, in dem man die Bodenbewegungen spürt, wird als Schüttergebiet bezeichnet. Verbindet man auf der Karte eines Schüttergebietes alle Punkte, an denen die Erschütterungen des Bodens mit gleicher Intensität verspürt werden, so erhält man die in Abb. 2b) dargestellten Linien, die als Isoseisten bezeichnet werden. Die in der Nähe des Epizentrums beobachtete Intensität (Epizentralintensität, entspricht in der Regel auch der Maximalintensität) wird mit  $I_0$  bezeichnet. Mit zunehmender Entfernung vom Epizentrum nimmt die Intensität  $I$  der Erschütterungen ab.

Für die Auswirkungen eines Erdbebens an der Erdoberfläche sind zunächst die Stärke und die Entfernung vom Herd relevant. Vor allem für die Wirkung im Nahbereich ist auch die Herdtiefe von großer Bedeutung. Liegt der Erdbebenherd in geringer Tiefe unter einer Siedlung, können in einem eng begrenzten Gebiet erhebliche Schäden auftreten. Bei einem Beben gleicher Magnitude (siehe Abschnitt 2.2), dessen Herd jedoch tiefer liegt, kommt es im Epizentralgebiet zu geringeren Schäden, in gleichem Maße wird aber ein größeres Gebiet in Mitleidenschaft gezogen. Die bei einem Erdbeben an verschiedenen Orten feststellbaren Intensitäten sind zudem stark von den lokalen Untergrundverhältnissen abhängig.



Ausbreitung von Erdbebenwellen  
a) Schnitt durch das Herdgebiet b) Isoseistenkarte

## 2.2 Stärke und Wahrnehmung von Erdbeben

Um die Stärke eines Erdbebens und seine Schadenswirkung auf Bauwerke beschreiben und vergleichen zu können, wurden Erdbebenskalen entwickelt. Am häufigsten werden die Magnitudenskala nach Richter (Richter-Skala) und die Europäische Makroseismische Intensitätsskala (EMS-Skala) verwendet.

### Magnitudenskala

Die Größe der im Herd während eines Bebens freigesetzten Wellenenergie wird meist durch seine Magnitude  $M$  „auf der nach oben offenen Richterskala“ charakterisiert (Beispiele siehe Tab. 1). In erster Linie wird diese als sogenannte „Lokalmagnitude“  $M_L$  angegeben. Neben der Lokalmagnitude gibt es eine Reihe weiterer Magnitudenskalen-Definitionen, die insbesondere zur Beschreibung sehr starker Beben Verwendung finden. Die Magnitude wird rechnerisch aus den Amplituden der bei einem Beben an verschiedenen Messstationen aufgezeichneten Bodenbewegungen (Seismogrammen) bestimmt.

Der Magnitudenskala liegt eine logarithmische Beziehung zu Grunde, so dass ein Zuwachs um eine Einheit (z. B. von  $M = 4,0$  auf  $M = 5,0$ ) eine Erhöhung der Amplitude der Bodenbewegung um das 10-fache und eine Zunahme der Bebenenergie um das Dreißigfache bedeutet.

Mit steigender Magnitude nimmt auch die Dauer eines Erdbebens zu. Bei Beben der Stärke 5 bis 6 (Richterskala) dauern die Erschütterungen in der Regel weniger als 10 bis 20 Sekunden, bei schwächeren Beben noch weniger.

### Intensitätsskala

Die Intensität  $I$  eines Erdbebens wird als Maß für seine Wahrnehmbarkeit durch den Menschen und seine örtlichen Schadenswirkungen auf Bauwerke verwendet. Sie wird ohne Messgeräte nur durch Bewertung der Wahrnehmungen und der verursachten Schäden ermittelt. Sie ist naturgemäß eine stark entfernungsabhängige Größe (siehe Abb. 2). Die Intensitätsskala eignet sich wegen ihres phänomenologischen Charakters auch zur Einstufung historischer Erdbeben, von denen keine Messungen, sondern nur Beschreibungen in historischen Quellen existieren. Die Einstufung nach der Intensitätsskala ist allerdings teilweise subjektiv und mit Unsicherheiten verbunden.

Zur Klassifizierung der Intensität wird eine ursprünglich auf Mercalli zurückgehende 12-teilige Skala verwendet. In Europa wird heute allgemein die EMS-Skala (EMS – Europäische Makroseismische Skala) verwendet (Tab. 2). Zur Unterscheidung von der Richterskala werden häufig römische Zahlen verwendet. Ein und dasselbe Erdbeben weist also abhängig von der Herdtiefe, der Entfernung vom Epizentrum und den vorliegenden Untergrundverhältnissen von Ort zu Ort unterschiedliche Intensitäten auf, besitzt aber nur eine einzige Magnitude.

## 2.3 WIRKUNG AUF BAUWERKE

### 2.3.1 Grundsätzlicher Mechanismus

Die vom Erdbebenherd ausgehenden seismischen Wellen führen an der Erdoberfläche zu zyklischen Bodenbewegungen (Verschiebungen in horizontaler und vertikaler Richtung, im Nahfeld des Bebens auch Neigungs- und Rotationsbewegungen). Im und auf dem Boden befindliche Baustrukturen werden zwangsläufig durch die Hin- und Herbewegung mitbeschleunigt und dadurch zu Schwingungen angeregt. Die dadurch im Gebäude auftretenden Trägheitskräfte hängen von der Bodenbeschleunigung, der Größe und der Verteilung der Gebäudemasse sowie dem Schwingungsverhalten des Gebäudes ab.

### 2.3.2 Einfluss des Untergrundes

Die für die Ermittlung der Beanspruchung infolge eines Erdbebens relevante Bodenbewegung ist stark abhängig von der Art des Untergrundes. Bei weichem Untergrund treten häufig stärkere Bodenbewegungen auf als bei felsigem Untergrund, da die Erdbebenwellen in weichen und unverfestigten Sedimentschichten Resonanzeffekten unterliegen können.

Tab. 1 Magnitudenskala nach Richter

Magnitude $M_L$ (Richterskala)	Beispiel
2,0	Bei geringer Herdtiefe gerade noch spürbares Beben
5,7	Erdbeben Albstadt am 3.9.1978
6,1	Erdbeben Ebingen (heute Albstadt) am 16.11.1911, bislang stärkstes gemessenes Beben in Deutschland



Weiche Untergrundverhältnisse liegen meist bei lockeren Talfüllungen und Hangschutt aber auch im Uferbereich von Seen und Flüssen vor. Bei besonders ungünstigen Untergrundverhältnissen (z. B. sehr lockeren bzw. unverfestigten Ablagerungen oder Böden mit breiig weicher Konsistenz), können für die Ermittlung der Erdbebeneinwirkungen standortspezifische Untersuchungen erforderlich sein.

Eine andersgeartete Situation ergibt sich in tiefen geologischen Sedimentbecken (Oberrheingraben, Alpenvorland). Durch die dort vorliegende große Mächtigkeit der Lockergesteinsschichten (bis mehrere Hundert Meter) überwiegt im höheren Frequenzbereich die Absorption (d. h. Dämpfung) seismischer Wellen über mögliche Resonanzeffekte.

### 2.3.3 Einfluss des Schwingungsverhaltens der Bauwerke

Das Schwingungsverhalten eines Bauwerks wird durch seine Massen- und Steifigkeitsverteilung bestimmt. Wichtiger Parameter zur Charakterisierung des Schwingungsverhaltens eines Bauwerks ist dabei seine Eigenfrequenz, auch als Grundfrequenz bezeichnet. Im Erdbebeningenieurwesen wird oft anstelle der Eigenfrequenz auch die Zeitdauer (Eigenschwingzeit) verwendet, die ein System für einen Schwingungsvorgang benötigt.

Sehr steife, gedrungene Bauwerke, wie z. B. gut ausgesteifte Gebäude mit wenigen Geschossen, besitzen eine hohe Eigenfrequenz und verformen sich nur wenig. Sie machen die aufgezwungenen Bodenbewegungen als nahezu starrer Körper mit (Starrkörperbewegung). Ihre Beschleunigung und damit die Erdbebenbeanspruchung entspricht daher im wesentlichen der Bodenbeschleunigung.

Demgegenüber besitzen sehr weiche, schlanke Bauwerke (z. B. Türme, Maste und hohe oder wenig ausgesteifte Gebäude) eine niedrige Eigenfrequenz und können sich stark verformen. Dadurch können sie sich der Bodenbewegung in gewissem Maße entziehen, was zu einer Abminderung der Erdbebeneinwirkung im Vergleich zu der eines steifen Bauwerks führen kann. Zu beachten ist, dass die Reduzierung der Erdbebenlasten durch größere Deformationen erkaufte wird. Sind Sekundärstrukturen (z. B. Ausfachungen und Trennwände) nicht entsprechend ausgebildet, können diese im Erdbebenfall beschädigt werden.

Bauwerke mit mittlerer Steifigkeit werden durch Erdbeben am stärksten beansprucht, da sich ihre Schwingbewegung gegenüber der Bodenbewegung verstärken kann. Die sich hieraus ergebende Erdbebenbeanspruchung kann unter Umständen ein Mehrfaches der Beanspruchung eines sehr steifen, nahezu unverformbaren Bauwerks ausmachen.

Sehr ungünstig für Bauwerke ist es, wenn sie durch horizontale Erdbebenwellen in Torsionsschwingungen versetzt werden. Von Torsionsschwingungen spricht man, wenn Gebäude Drehschwingungen um ihre vertikale Achse ausführen. Gründe dafür können exzentrisch angeordnete Aussteifungssysteme oder eine ungünstige Massenverteilung sein.

Grundsätzlich verursachen Erdbebenwellen nicht nur horizontale sondern auch vertikale Bodenbeschleunigungen. Diese sind in der Regel kleiner als die Horizontalbeschleunigungen. Die resultierenden vertikalen Erdbebenkräfte können von den meisten Bauwerken ohne Schwierigkeiten aufgenommen werden, da diese ohnehin für große vertikale Lasten aus Eigengewicht und Nutzlasten mit den entsprechenden Sicherheiten ausgelegt wurden und aufgrund der in vertikaler Richtung sehr steifen Bauteile kaum Resonanzüberhöhungen auftreten.

**Tab. 2** Kurzklassifikation der EMS

EMS-Intensität	Stärke
I	nicht fühlbar
II	kaum bemerkbar
III	schwach
IV	deutlich
V	stark
VI	leichte Gebäudeschäden
VII	Gebäudeschäden
VIII	schwere Gebäudeschäden
IX	zerstörernd
X	sehr zerstörernd
XI	verwüstend
XII	vollständig verwüstend

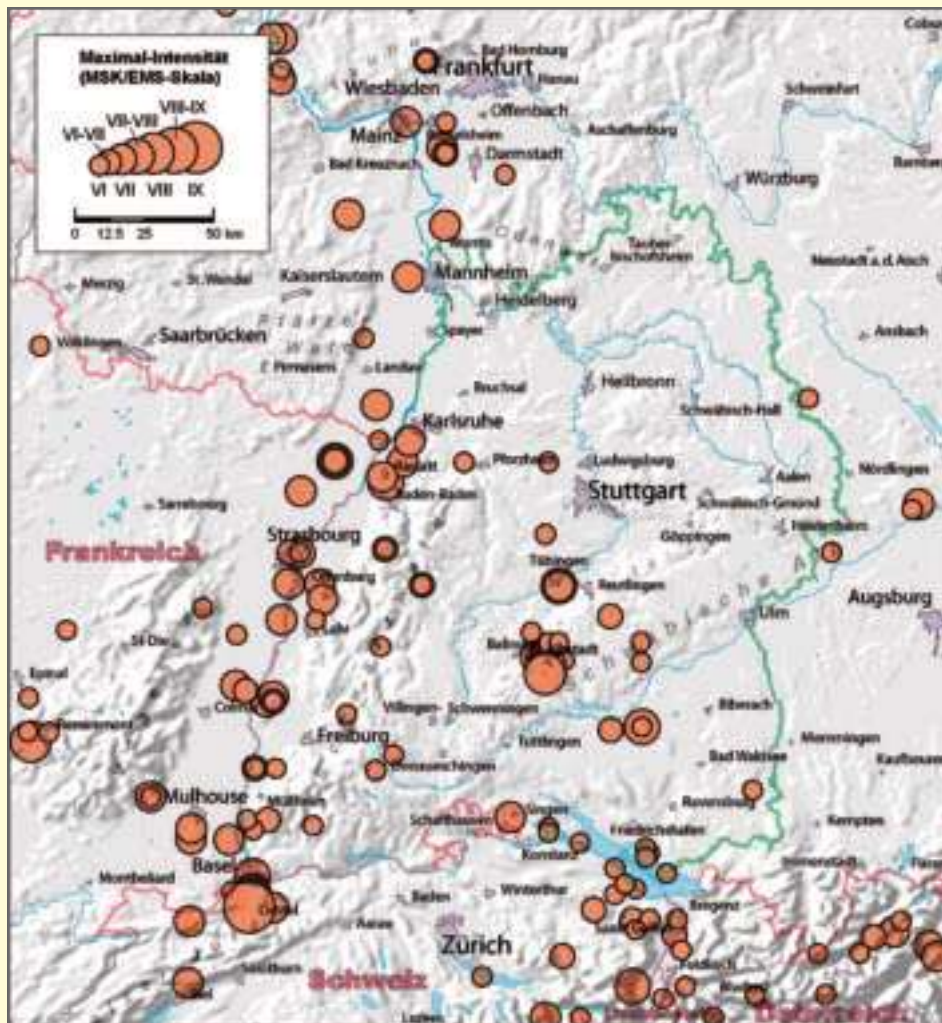


# Erdbeben in Baden-Württemberg

## 3.1 ALLGEMEINES

Aus historischen Berichten geht hervor, dass sich in Deutschland während der letzten 1000 Jahre einige Erdbeben mit Intensitäten von  $I_0 = VIII$  (MSK/EMS-Skala) ereignet haben. Neben dem Gebiet der Niederrheinischen Bucht waren vor allem Regionen in Baden-Württemberg betroffen. Das

stärkste historisch bekannte Erdbeben nördlich der Alpen ereignete sich im Jahre 1356 mit Epizentrum bei Basel mit der Maximalintensität  $I_0 = IX$ . In Abb. 3 sind die Epizentren von Beben mit Intensitäten  $I_0 \geq VI$  im Zeitraum von ca. 1000 bis 2006 im Gebiet des heutigen Baden-Württemberg und den benachbarten Regionen dargestellt.



**Abb. 3** Epizentren von Erdbeben in Baden-Württemberg und Umgebung in den vergangenen 1000 Jahren mit Intensitäten  $I_0 \geq VI$

## ERDBEBEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Neben zahlreichen größeren Beben im Oberrheingraben liegt eines der am meisten betroffenen Erdbebengebiete der Bundesrepublik mit einer für mitteleuropäische Verhältnisse ungewöhnlich großen Aktivität seit Beginn des 20. Jahrhunderts auf der Schwäbischen Alb. Wie bereits die Beben von 1911 und 1943 gezeigt haben, ist hier mit der Intensität  $I_0 = VIII$  zu rechnen. Dies bestätigte sich beim letzten großen Beben am 3. September 1978 in Albstadt, dem Intensitäten von VII-VIII zugeordnet wurden. Weitere Erdbebengebiete liegen in Oberschwaben und im Bodenseegebiet.

### 3.2 DER LANDESERDBEBENDIENST BADEN-WÜRTTEMBERG

Die im Vergleich zu anderen Bundesländern hohe Erdbebengefährdung Baden-Württembergs hat das Land schon früh dazu bewogen, einen eigenen Erdbebendienst einzurichten. Der Landeserdbebendienst für Baden-Württemberg wird vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Abteilung 9 im Regierungspräsidium Freiburg) betrieben. Er unterhält ein umfangreiches Netz von gegenwärtig ca. 40 permanenten Messstationen (siehe Abb. 4), an denen Erdbeben, aber

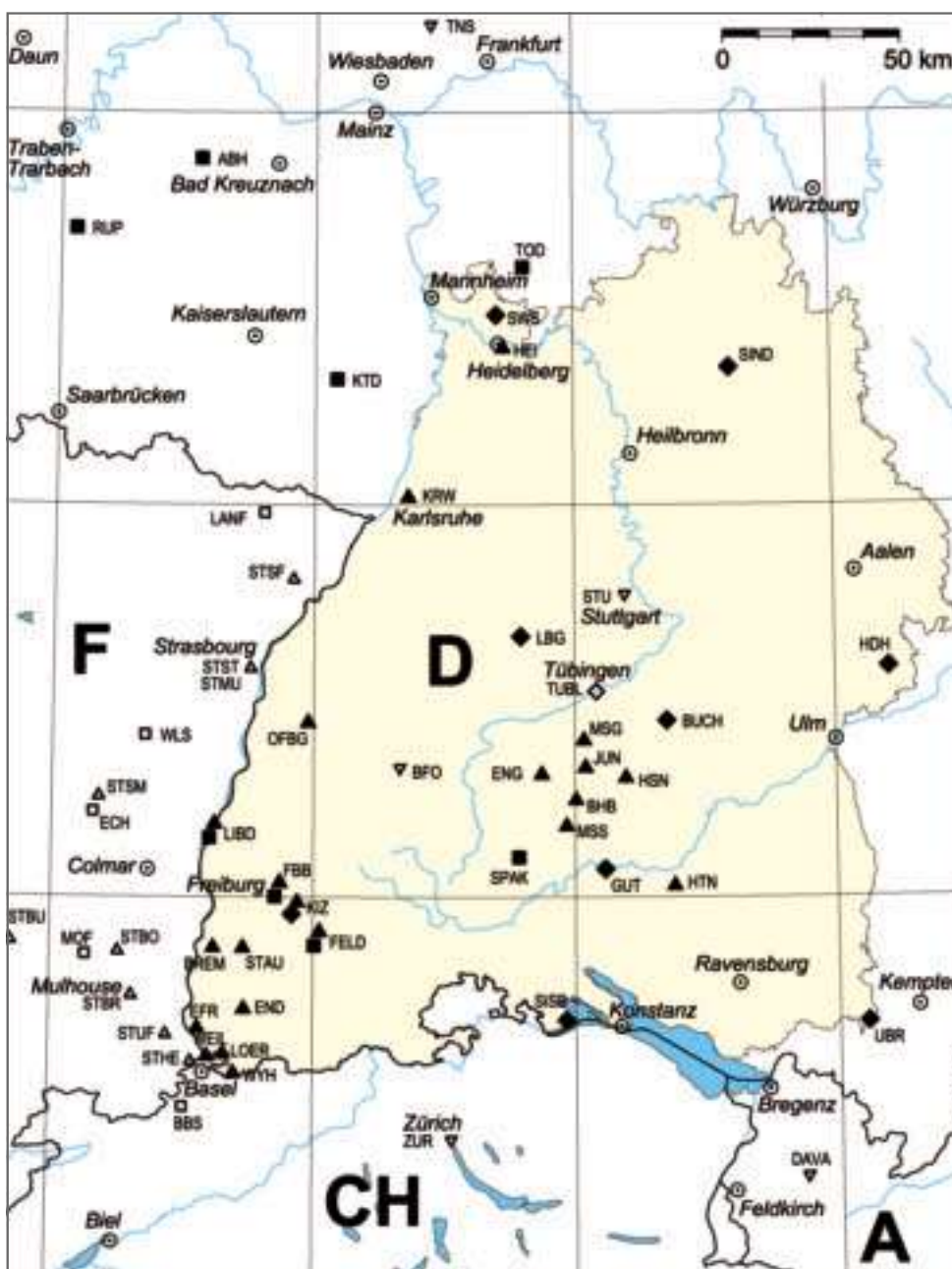


Abb. 4 Messnetz des Landeserdbebendienstes Baden-Württemberg

auch Bodenerschütterungen anderen Ursprungs automatisch registriert werden.

Die Messdaten als Seismogramme der Bodenbewegung von ca. 20 Messstationen werden über Richtfunk oder Telefon in die Zentrale nach Freiburg übertragen und dort analysiert. Innerhalb von 5 bis 10 Minuten nach einem Beben findet eine automatische Bestimmung von Ort und Stärke eines Erdbebens statt. Für Beben mit Epizentrum in Baden-Württemberg liegt die Erfassungsschwelle etwa bei Magnitude 2 (Richter-Skala), für Beben im übrigen Deutschland und in den angrenzenden Gebieten von Frankreich, der Schweiz und Österreich etwa bei Magnitude 3. Erdbeben weltweit werden ab etwa Magnitude 5 registriert. Die computergenerierte Bestimmung von Epizentrum, Bebenstärke und möglichen Auswirkungen wird automatisch an das Lagezentrum der Polizei im baden-württembergischen Innenministerium und von dort an die Rundfunk- und Fernsehanstalten des Landes weitergeleitet. Aktuelle Erdbebeninformationen können laufend im Internet auf der Seite: <http://www.lgrb.uni-freiburg.de> abgerufen werden.

Der Landeserdbebendienst ist Ansprechpartner für alle mit Erdbeben zusammenhängenden Fragen, insbesondere zu Erdbeben in Baden-Württemberg (z. B. geologische Zusammenhänge und Ursachen, Messung, Wahrnehmung, Schadenswirkung und Gefährdung, Prognosen, Vorsorge und Verhaltenshinweise).

### 3.3 VERSICHERUNGSSCHUTZ

In der Vergangenheit bestand in Baden-Württemberg Versicherungspflicht gegen Feuer- und Elementarschäden. Seit 1971 schloss diese Pflichtversicherung auch Gebäudeschäden infolge von Erdbeben ein. Dies bewährte sich für die Versicherten bei dem Erdbeben im Jahr 1978 auf der Schwäbischen Alb, als für rund 12.500 beschädigte Gebäude Versicherungsleistungen zu erbringen waren.

Aufgrund geänderter rechtlicher Randbedingungen im Bereich der Versicherungswirtschaft wurde die Abschaffung der in Baden-Württemberg bestehenden Pflicht- und Monopol-Versicherung bis spätestens zum 30. Juni 1994 erforderlich. Dieser Verpflichtung ist das Land durch das Gesetz zur Neuordnung der Gebäudeversicherung vom 28. Juni 1993 nachgekommen, das gleichzeitig auch die Grundlage zur Privatisierung der staatlichen Gebäudeversicherungsanstalten bildete.

Seit dem 1. Juli 1994 kann jeder Gebäudeeigentümer selbst entscheiden, ob bzw. in welchem Umfang er sein Gebäude gegen Feuer- und Elementarschäden versichern möchte. Entsprechende Versicherungen werden von den privaten Versicherungsgesellschaften angeboten. Wie bei anderen Versicherungen sollte auch im Hinblick auf den Schutz gegen Erdbebenschäden vor Abschluss eines Vertrags geprüft werden, welche Haftungseinschränkungen dem jeweiligen Angebot zugrunde liegen.

### 3.4 VERHALTEN BEI EINEM ERDBEBEN

Neben die baulichen Anlagen selbst betreffenden Vorsorgemaßnahmen, kann die Sicherheit von Personen während und unmittelbar nach einem Erdbeben auch durch richtiges Verhalten und einige einfache vorbereitende Maßnahmen verbessert werden. Das in Baden-Württemberg für den Katastrophenschutz zuständige Innenministerium hat zur Information der Bevölkerung ein Merkblatt (siehe nebenstehende Seite bzw. im Internet unter [www.im.baden-wuerttemberg.de](http://www.im.baden-wuerttemberg.de), Rubrik „Katastrophenschutz“) herausgegeben, in dem die wichtigsten Verhaltensregeln zusammengefasst sind.

## ERDBEBEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

## EMPFEHLUNGEN ZUM VERHALTEN BEI ERDBEBEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

(Stand 23. Oktober 2007)

## 1. Vorsorgemaßnahmen vor Erdbeben:

- Sichern Sie labile Teile im Haushalt! Überlegen Sie, welches Mobiliar (hohe Schränke, Regale, Fernseher, Geschirr, schwere Bilderrahmen, Blumentöpfe etc.) Menschen oder Ihre Haustiere durch Kippen, Rutschen oder Fallen gefährden könnte, und sichern Sie dieses in geeigneter Weise. Grundsatz: In Schränken und Regalen das Schwere nach unten!
- Bei Erdbeben können auch Brände entstehen: Installieren Sie Rauchmelder nach den Empfehlungen der Feuerwehr (siehe auch: <http://www.im.baden-wuerttemberg.de>, Rubrik „Feuerwehr“)!
- Halten Sie die Notrufnummern parat: Feuerwehr 112, Rettungsdienst 19 222, Polizei 110.
- Halten Sie eine batteriebetriebene Taschenlampe und ein batteriebetriebenes Radio bereit.
- Überlegen Sie zu Übungszwecken schon bei kleineren Beben, wie Sie sich im Falle eines stärkeren Erdbebens verhalten würden (siehe Punkt 2).
- Informieren Sie sich über die Anforderungen an die Erdbebensicherheit von Bauwerken (z. B. auf der Internetseite des Wirtschaftsministeriums <http://www.wm.baden-wuerttemberg.de> unter der Rubrik „Bautechnik“).

## 2. Verhalten während des Erdbebens:

**In Gebäuden:**

- Bleiben Sie im Gebäude! Laufen Sie nicht ins Freie (Gefahr herabstürzender Bauteile: Dachziegel, Fassadenteile etc.)!
- Suchen Sie rasch einen Platz auf, der Schutz gegen herabfallende Gegenstände und splitterndes Glas bietet, z. B. unter einem Tisch, in der Nähe von Innenwänden, unter einer Türe oder unter Betontreppen!
- Halten Sie Abstand von Glasflächen, hohen Möbeln und Regalen!

**Im Freien**

- Bleiben Sie im Freien! Halten Sie möglichst großen Abstand von Gebäuden! Laufen Sie nicht in Gebäude hinein (Gefahr herabstürzender Bauteile)!

**Im Auto**

- Halten Sie an sicherer Stelle an (möglichst nicht in der Nähe von Gebäuden) und bleiben Sie im Auto! Halten Sie für Hilfs- und Rettungsdienste die Straße frei!

## 3. Verhalten nach dem Erdbeben:

- Bewahren Sie Ruhe!
- Leisten Sie Erste Hilfe!
- Bei Gasgeruch: kein offenes Feuer, nicht rauchen, kein Licht bzw. keine elektrischen Geräte einschalten! Brennendes Gas nicht selbst löschen! Gebäude verlassen und Feuerwehr alarmieren!
- Stellen Sie beschädigte Leitungen (Gas, Wasser) am Haupthahn ab!
- Seien Sie auf Nachbeben gefasst!
- Verlassen Sie das Gebäude nach dem Erdbeben nur, wenn es nötig ist, insbesondere bei Feuer, Gasgeruch oder wenn ein Einsturz zu befürchten ist. Nehmen Sie – wenn möglich – Geld, Ausweise und Notgepäck mit! Benutzen Sie keine Aufzüge! Vorsicht bei losen Teilen im/am Gebäude bzw. auf dem Dach!
- Halten Sie sich im Freien nicht in der Nähe der Außenmauern auf (Gefahr herabstürzender Bauteile)!
- Telefonieren Sie nur, wenn es unbedingt nötig ist! Rufen Sie 112, 19 222 oder 110 nur im Notfall an!
- Fahren Sie nur dann Auto, wenn es wirklich nötig ist!
- Schließen Sie unruhige Tiere ein bzw. binden Sie sie an!
- Beginnen Sie nicht überstürzt mit Aufräum- bzw. Reparaturarbeiten! Nachbebengefahr!
- Schalten Sie Radio bzw. Fernseher ein! Dort kommen aktuelle Meldungen.



# Erdbebengerechtes Entwerfen und Konstruieren

## 4.1 ÜBERSICHT

Hauptziel beim Entwurf von Gebäuden in erdbebengefährdeten Gebieten ist der Schutz von Leben und Gesundheit. Weitere Vorsorgeziele können die Begrenzung von Schäden oder der Erhalt der Funktionstüchtigkeit von Gebäuden sein.

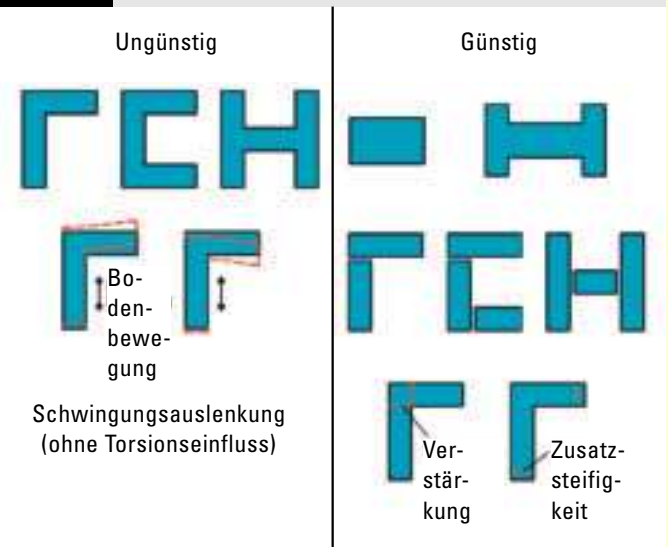
Erdbebensicheres Bauen heißt, Gebäude zusätzlich zu den ansonsten meist dominierenden Windlasten auch gegen horizontale Trägheitskräfte auszulegen. Während Windlasten im Wesentlichen von der äußeren Form der Gebäude bestimmt werden, hängt die Größe der Erdbebenlasten vor allem von der Massen- und Steifigkeitsverteilung der Gebäude ab. Durch die erdbebengerechte Gestaltung eines Gebäudes in Grundriss und Höhe, d. h. durch sinnvolle Verteilung von Massen und Aussteifungselementen, kann das Verhalten eines Bauwerks bei Erdbeben bereits bei der Planung entscheidend beeinflusst werden.

Es ist daher sehr wichtig, bereits während der Entwurfsphase eines Gebäudes die Prinzipien des erdbebengerechten Bauens zu beachten. Hierzu sollten Architekten und Ingenieure bereits in einem möglichst frühen Stadium zusammenar-

beiten. Das übliche Vorgehen – Architekt entwirft, Bauingenieur kümmert sich zu einem späteren Zeitpunkt um die konstruktive Durchbildung und die Standsicherheitsnachweise – kann zu technisch und wirtschaftlich unbefriedigenden Lösungen führen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden einfache Gestaltungs- und Konstruktionsprinzipien dargestellt, die sich im Erdbebenfall günstig auf das Tragverhalten von Gebäuden auswirken. Die Hinweise dürfen nicht als starre Regeln verstanden werden. Ziel ist es, das grundlegende Verständnis für erdbebengerechte Konstruktionen zu verbessern.

Abb. 5



Beispiele für ungünstige und günstige Grundrissgestaltungen

## 4.2 GESTALTUNG DER BAUWERKE

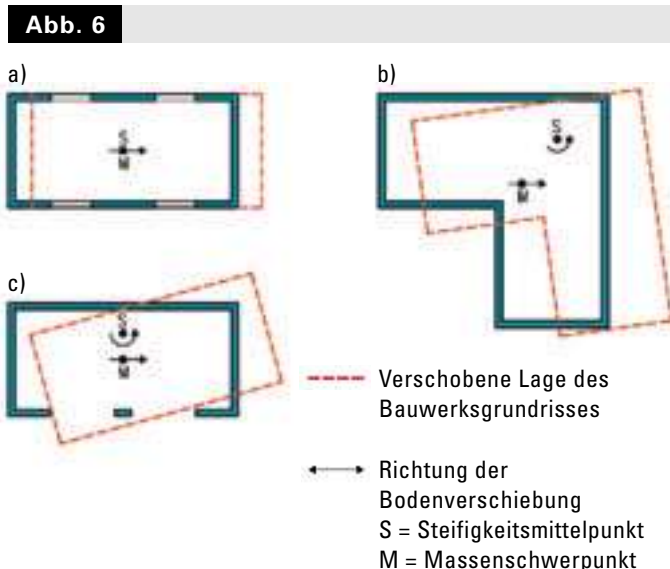
### 4.2.1 Grundriss

Bauwerke in Erdbebengebieten sollten einen möglichst einfachen, gedrungenen Grundriss aufweisen (Abb. 5). Bei Gebäuden mit stark aufgelösten Grundrissen, wie z. B. bei L-, T-, H- oder U-förmigen Grundrissen, kann das unterschiedliche Verformungsverhalten der einzelnen Gebäudeabschnitte in Längs- und Querrichtung zu großen Beanspruchungen in den Anschlussbereichen führen.

Bauten mit aufgelösten oder abgewinkelten Grundrissen sollten daher, wenn die Nutzung dies zulässt, durch die Anordnung von Fugen, die über die gesamte Höhe des Gebäudes durchlaufen, in einzelne Baukörper mit gedrungenen Grundrissen unterteilt werden. Die Fugen sollten so groß gewählt werden, dass sich die Baukörper infolge erdbebeninduzierter Schwingungen nicht berühren können. Bei einem zu geringen Abstand benachbarter Gebäudeteile besteht sonst die Gefahr des Aufeinanderprallens der Baukörper. Insbesondere wenn sich die Geschossdecken der beiden Gebäudeteile nicht in der gleichen Höhenlage befinden, können die steifen Decken gegen weiche Wände oder Stützen stoßen und schwere Schäden verursachen.

Alternativ können die Anschlussbereiche mit entsprechendem Mehraufwand so verstärkt werden, dass die auftretenden Beanspruchungen aufgenommen werden können. Dies könnte z. B. durch den Einbau von Innenwänden oder kräftigen Balken in Verlängerung der Außenwände erfolgen. Ebenso wären zusätzliche Aussteifungselemente an den Gebäudeenden denkbar, die zu einer gleichmäßigeren Auslenkung des ganzen Baukörpers führen.

Bei der Grundrissgestaltung sollten Wänden zur Aufnahme von Horizontallasten (Aussteifungselemente) so angeordnet werden, dass Massenmittelpunkt  $M$  und Steifigkeitsmittelpunkt  $S$  möglichst nahe beieinander liegen. Ist dies der Fall (z. B. bei symmetrischem Grundriss und symmetrisch angeordneten, aussteifenden Wänden), verursachen horizontale Erdbebeneinwirkungen eine reine Parallelverschiebung (Abb. 6a). Bei unsymmetrischem Grundriss (Abb. 6b) oder bei symmetrischem Grundriss mit unsymmetrischer Aussteifung (Abb. 6c) fallen Massenschwerpunkt und Steifigkeitsmittelpunkt in der Regel nicht mehr zusammen. Bei einer Erdbebeneinwirkung werden sich Gebäude in diesen Fällen zusätzlich zur Verschiebung auch noch verdrehen. Es kommt zu einer Torsionsbeanspruchung um die vertikale Achse des Gebäudes. Hierbei werden einzelne Bauteile – vor allem diejenigen mit dem größten Abstand zum Drehpunkt – besonders stark beansprucht. Bauwerke mit unsymmetrischem Grundriss oder unsymmetrischer Aussteifung sind daher im Erdbebenfall besonders anfällig für Schäden.



#### Torsionswirkung

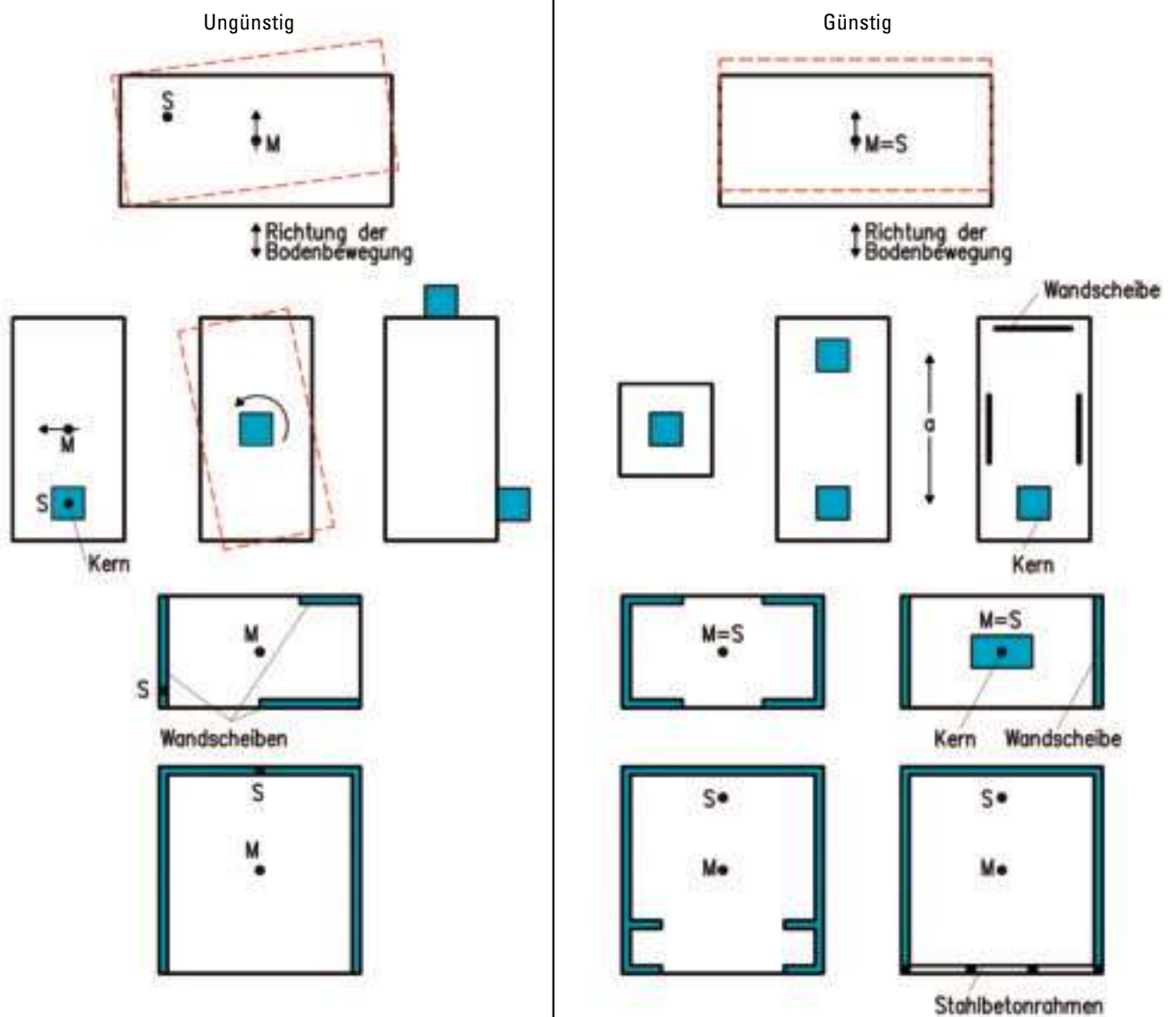
- a) Symmetrisches Bauwerk ohne Torsionswirkung
- b) Torsionswirkung bei unsymmetrischem Grundriss
- c) Torsionswirkung bei unsymmetrischer Aussteifung

Die Aussteifung von Geschossbauten – insbesondere von Skelettbauten – erfolgt oftmals durch steife Stahlbetonkerne, in denen Treppenhäuser, Aufzugs- und Installationschächte zusammengefasst werden (Abb. 7). Ein außermittig angeordneter Einzelkern führt wegen des großen Abstands zum Steifigkeits- und Massenmittelpunkt zu hohen Torsionsbeanspruchungen des Gesamtbauwerks. Selbst ein mittig angeordneter Einzelkern erweist sich nur bei gedrunghenen Grundrissen als günstig. Langgestreckte Grundrisse sollten daher durch einen weiteren Kern oder durch zusätzliche Wandscheiben ausgesteift werden. Insbesondere bei außen am Baukörper

angeordneten Kernen ist es wichtig, diese sorgfältig gegen Abreißen vom Baukörper zu sichern.

Bei der Aussteifung eines Bauwerks durch Wandscheiben ist darauf zu achten, dass auch die Wandscheiben selbst durch Querwände ausgesteift werden, um ein räumliches Stabilitätsversagen der Wandscheiben zu vermeiden. Besonderer Aufmerksamkeit bedürfen Bauwerke, die nur an drei Außenseiten durch Wände ausgesteift werden (z. B. Verkaufsläden, Werkstätten oder Garagen). Diese können große Torsionsbeanspruchungen erfahren und sollten daher durch zusätzliche Wandabschnitte oder Stahlbetonrahmen ergänzt werden.

Abb. 7



Beispiele für ungünstige und günstige Massen- und Steifigkeitsverteilungen im Grundriss



#### 4.2.2 Aufriss

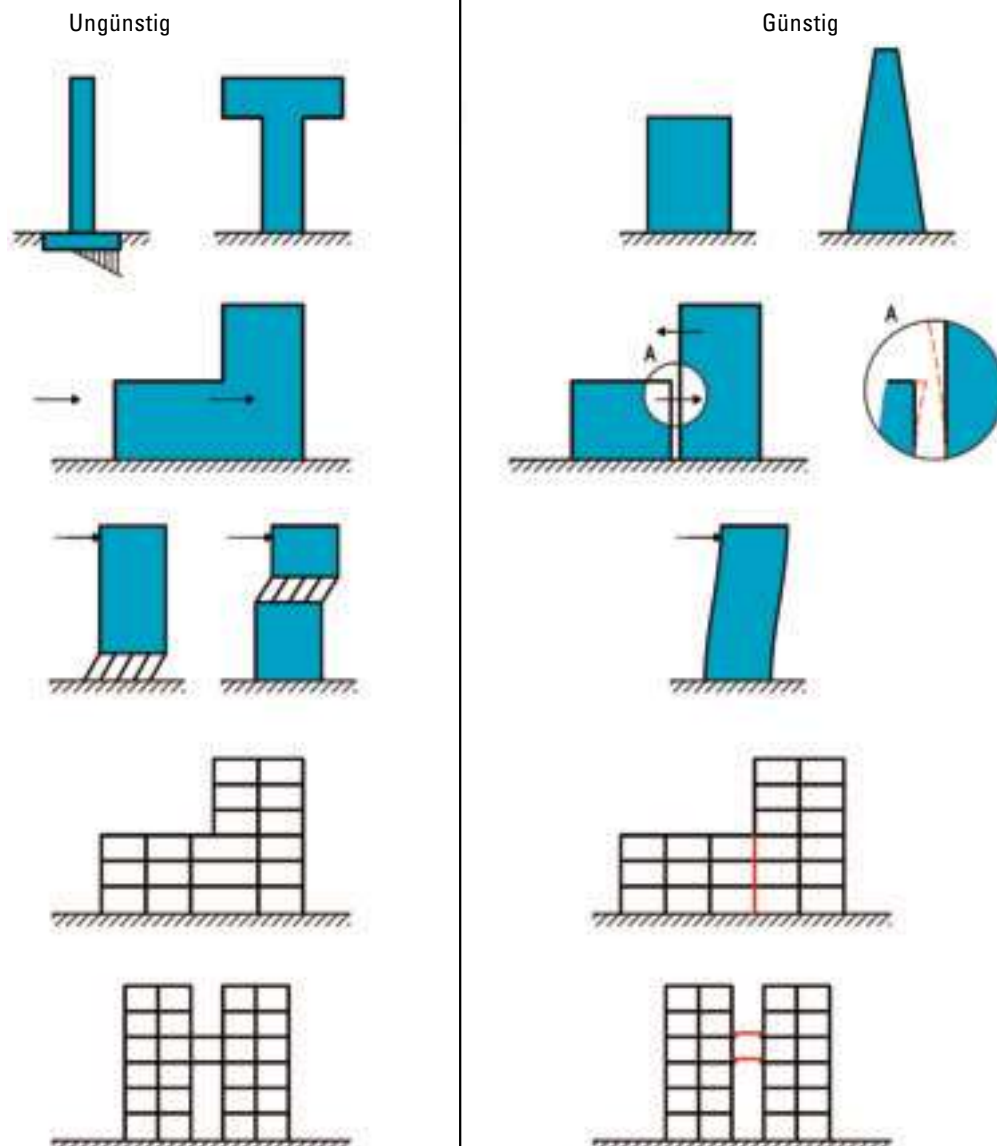
Bei der Gestaltung eines Bauwerks über die Höhe sollte eine gleichmäßige kontinuierlich nach oben abnehmende Steifigkeit angestrebt werden (Abb. 8). Sprunghafte Veränderungen der Bauwerkssteifigkeit oder der Lage der Steifigkeitsachse sollten möglichst vermieden werden. Als besonders kritisch in diesem Zusammenhang sind weiche Zwischengeschosse einzustufen.

#### 4.3 KONSTRUKTION

##### 4.3.1 Prinzipien

Beim Entwurf von Bauwerken in Erdbebengebieten bieten sich zwei grundsätzliche Strategien an. Entweder man konstruiert so, dass möglichst viel der durch die Erdbebenanregung eingetragenen Energie im Gebäude dissipiert wird, oder man wählt einen so hohen Tragwiderstand, dass die wesentlichen Tragglieder im Erdbebenfall im elastischen Bereich verbleiben. Die dissipative Bemessung führt in der Regel zu wirtschaftlicheren Ergebnissen. Im Erdbebenfall kann es bei dissipativer Auslegung jedoch zu größeren Sekundärschäden (Risse, größere Verformungen, etc.) kommen.

Abb. 8



Beispiele für ungünstige und günstige Verteilungen von Massen und Steifigkeiten im Aufriss

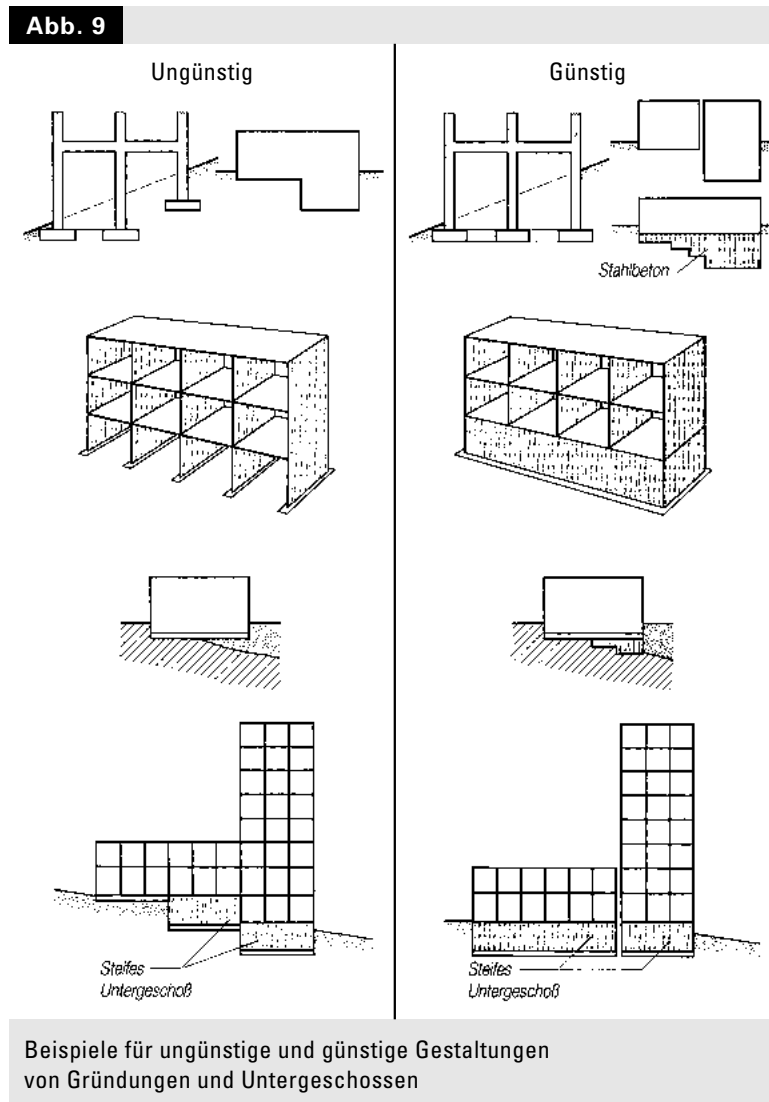
Generell sollte robusten Konstruktionen, mit der Fähigkeit lokale Überbeanspruchungen ohne Einsturz zu tolerieren, in Erdbebengebieten der Vorzug gegeben werden. Dies wird durch eine sinnvolle Mischung von redundanten Traggliedern und der Verwendung duktiler Materialien und/oder Verbindungsmittel erreicht.

Wichtig ist auch, dass den wechselnden Wirkungsrichtungen eines Erdbebens durch zug- und druckfeste Ausbildung aller betroffenen Verbindungen Rechnung getragen wird. In diesem Zusammenhang müssen z. B. lose aufliegende Bauteile, die durch erdbebenbedingte Bauwerksbewegungen abrutschen könnten, gesichert werden.

### 4.3.2 Gründung

Bauwerke in Erdbebengebieten sollten möglichst auf gleichartigen Gründungselementen, auf gleichartigem Baugrund und in einheitlicher Tiefe gegründet werden.

Abb. 9 zeigt Beispiele für ungünstig und günstig gestaltete Gründungen. Optimal ist es, das Untergeschoss eines Bauwerks als „steifen Kasten“ auszubilden. Dieser bewirkt, dass sich der Baukörper bei Erdbebenbeanspruchung als kompaktes Ganzes bewegen kann. Besonders geeignet zur Herstellung eines „steifen Kastens“ sind zug- und schubfest miteinander verbundene Stahlbetonbauteile. Abhängig von den vorliegenden Baugrundverhältnissen kann es erforderlich sein, Ein-



## ERDBEBENGERECHTES ENTWERFEN UND KONSTRUIEREN

zelfundamente durch kreuzweise angeordnete Zerrbalken oder eine Bodenplatte untereinander zu verbinden.

Gründungen an stärker geneigten Hängen können durch erdbebenbedingte Hangrutschungen besonders gefährdet sein und sollten, ebenso wie Teilunterkellerungen mit unterschiedlicher Gründungstiefe, möglichst vermieden werden. Falls bei größeren Bauwerksabmessungen unterschiedliche Gründungstiefen unvermeidbar sind, sollten die betroffenen Baukörper durch Fugen voneinander getrennt oder durch scheibenartig ausgebildete Fundament-Abtreppungen biegesteif miteinander verbunden werden.

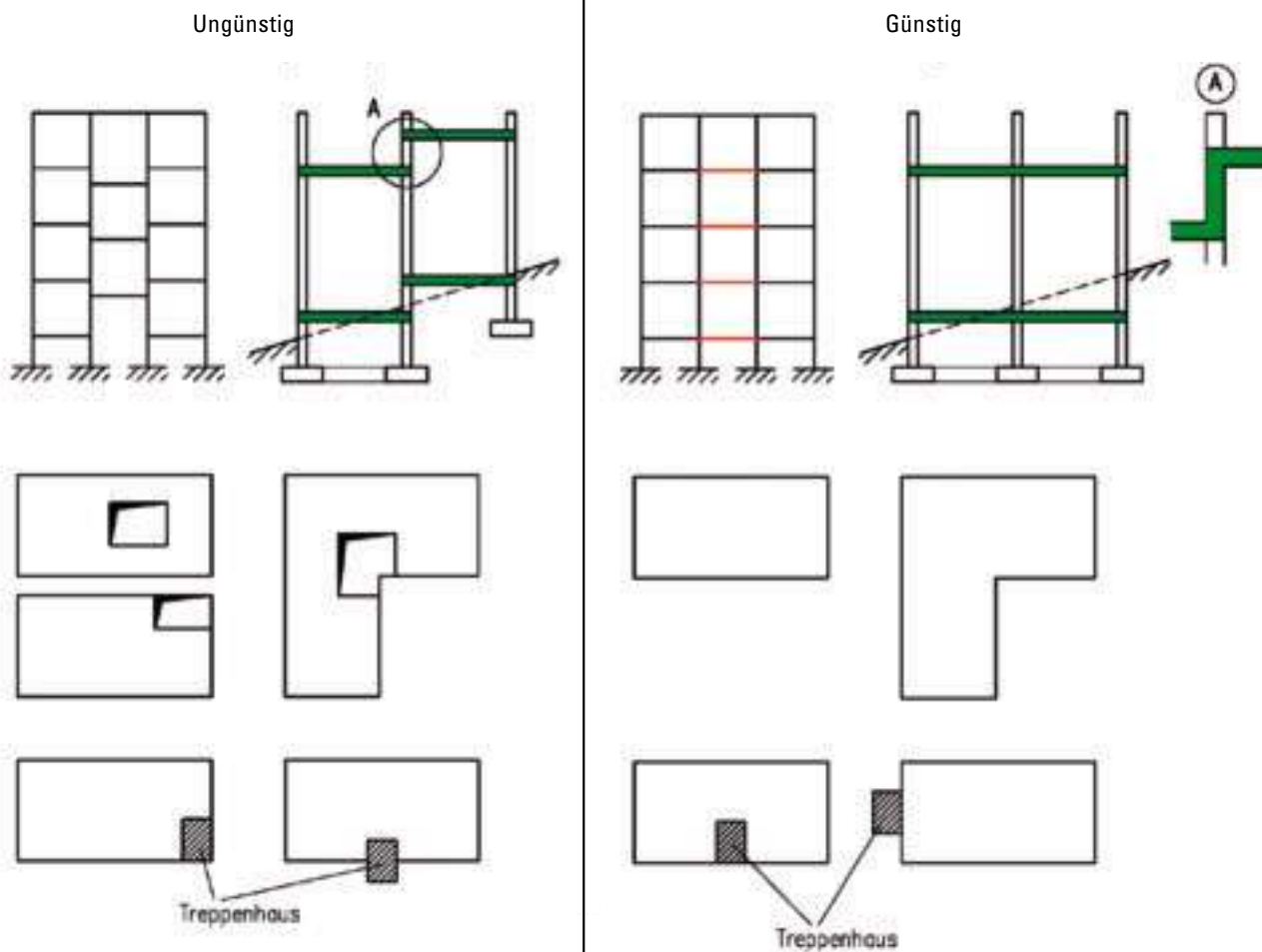
Bei schwierigen Baugrundverhältnissen (z. B. Hangschutt, lockere Ablagerungen, weiche bindige Böden) kann die Hinzuziehung eines Baugrundsachverständigen erforderlich sein.

## 4.3.3 Decken

Im Erdbebenfall haben Geschossdecken in der Regel die Aufgabe, horizontal wirkende Erdbebenlasten auf alle Aussteifungselemente (z. B. aussteifende Wände, Treppen- und Aufzugskerne) zu verteilen. Daher müssen Decken in der Lage sein, in ihrer Ebene große Kräfte zu übertragen ohne sich dabei nennenswert zu verformen. Als Gesamtscheibe wirkende ausreichend bewehrte monolithische Stahlbetondecken sind hierzu besonders geeignet. Ungünstig wirkt alles, was die Kraftübertragung zwischen den einzelnen Aussteifungselementen stört und die Funktion der Decken als „quasi starre Scheiben“ beeinträchtigen kann (z. B. große Deckenöffnungen oder Rücksprünge).

Sollen Geschossdecken höhenversetzt angeordnet werden (Abb. 10), sind besondere konstruktive Maßnahmen (z. B.

Abb. 10



Ungünstige und günstige Gestaltungen von Geschossdecken

Ausbildung der Deckensprünge in Stahlbeton) zur Kraftübertragung über den Deckensprung hinweg erforderlich. Größere Bauwerksabschnitte mit unterschiedlichen Höhenlagen der Geschossdecken sollten durch entsprechend ausgebildete Fugen voneinander getrennt werden.

Auch Fertigteildecken müssen als Scheiben ausgebildet werden. Hierzu sind die einzelnen Fertigteile untereinander und mit den aussteifenden Wänden zu verbinden. Lösungen hierzu sind z. B. Fertigteildecken mit Aufbeton, mit verzahnten und bewehrten Fugen oder mit geschweißten Verbindungen.

Holzbalkendecken eignen sich nur dann zur horizontalen Lastverteilung, wenn sie durch eine geeignete Beplankung zu Scheiben ausgebildet und mit den aussteifenden Wänden (z. B. über Stahlbetonringanker) kraftschlüssig verbunden werden (Abb. 11).

#### 4.3.4 Mauerwerksscheiben

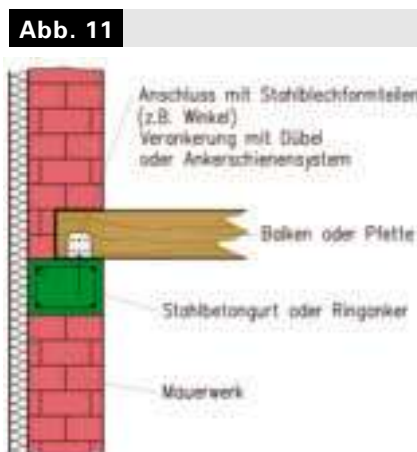
Mauerwerk besitzt im Gegensatz zu anderen Baustoffen (z. B. Stahl) keine ausgeprägte natürliche Duktilität. Es ist deshalb wichtig, Mauerwerksbauten in Erdbebengebieten materialgerecht zu gestalten und auszuführen. Eine besonders wichtige Rolle spielen dabei die aussteifenden Mauerwerksscheiben. Da die horizontale Tragfähigkeit von Wänden wesentlich von der Höhe der vorhandenen Auflast abhängt, sollten Grundrisse so gestaltet werden, dass die aussteifenden Wände eine möglichst hohe Vertikallast aus dem Bauwerkseigengewicht er-

halten. Es ist darauf zu achten, dass in jeder Gebäuerichtung ausreichend lange aussteifende Wandscheiben zur Verfügung stehen, wobei eine lange Wandscheibe wirkungsvoller als mehrere kurze Wandscheiben ist. Dies ist bei der Anordnung von Türen und Fenstern zu beachten. Wie bereits im Abschnitt 4.3.3 dargestellt, ist es sehr wichtig die tragenden Wände durch Geschossdecken mit Scheibenwirkung und integriertem Ringanker (Abb.12) untereinander zu koppeln. Bei Flachdächern kann die Anordnung einer Gleitschicht erforderlich sein, um mögliche Zwangsbeanspruchungen zu reduzieren.

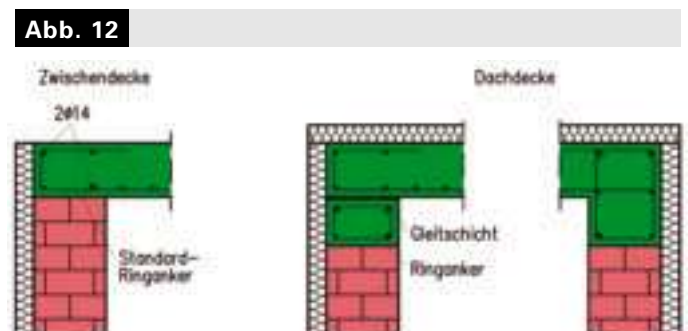
Damit gemauerte Kniestöcke im Dachgeschoss senkrecht zu ihrer Ebene Lasten aufnehmen können, müssen sie mit in Querwänden einbindenden Stahlbetonringankern eingefasst werden.

Öffnungen in Wänden beeinträchtigen deren aussteifende Wirkung. Daher sollten sie möglichst klein gehalten und weit entfernt von den Gebäudeecken angeordnet werden. Für den Abstand von Tür- und Wandöffnungen untereinander sollte ein möglichst ausgeglichenes Verhältnis von Öffnungsbreite und Pfeilerbreite angestrebt werden. Um die Schwächung von Wänden durch Schlitzte auf ein Mindestmaß zu beschränken, ist es zweckmäßig, Installationen hinter Vormauerungen zu legen.

Ein im Erdbebenfall günstigeres Tragverhalten als reine Mauerwerksbauten haben in der Regel Gebäude aus bewehrtem oder mit Stahlbetongurten eingefasstem Mauerwerk.



Beispielhafte Verankerung einer Holzbalkendecke



Beispiele für Deckenanschlüsse mit Ringanker



**Abb. 13** Absturz eines nicht ausreichend gesicherten Giebeldreiecks

Der Absturz nicht ausreichend gesicherter Giebeldreiecke (Abb. 13) war bei dem Beben 1978 auf der Schwäbischen Alb ein relativ häufiger Schadensfall. Gemauerte Giebelwände sollten deshalb stets durch Querwände ausgesteift oder mit an einem ausgesteiften Dachstuhl (siehe z. B. Abb. 15) angeschlossenen Stahlbetongurt eingefasst werden (Abb. 14).

#### 4.3.5 Holzkonstruktionen

Aufgrund des im Vergleich zu anderen Baustoffen geringen spezifischen Gewichts von Holz, kann man relativ leichte Gebäude errichten. Dies ist im Erdbebenfall günstig, da bei gleicher Beschleunigung die Trägheitskräfte proportional mit der Gebäudemasse ansteigen.

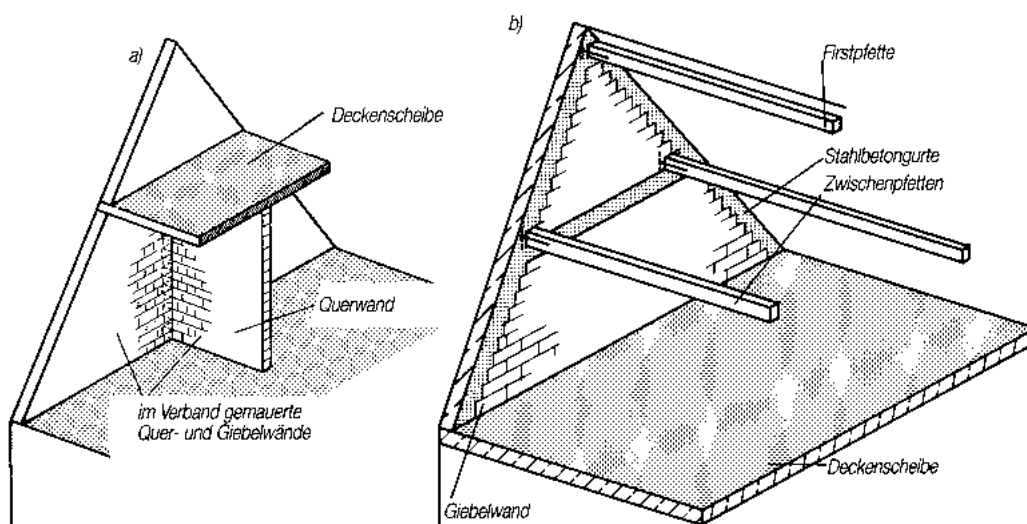
Da der Werkstoff Holz – mit Ausnahme von Druck quer zur Faserrichtung – keine ausgeprägte plastische Verformbarkeit besitzt, hängt die lastreduzierende Duktilität von Holzkonstruktionen im Wesentlichen von der plastischen Verformbarkeit der Verbindungsmittel ab. Holzverbindungen müssen deshalb in Erdbebengebieten sorgfältig durchkonstruiert werden.

#### 4.3.6 Dächer

Bei Dachkonstruktionen in Erdbebengebieten muss besonderer Wert auf die Aussteifung gegenüber horizontalen Lasten gelegt werden. In Abb. 16 sind verschiedene Möglichkeiten zur Aussteifung von Satteldächern skizziert.

Die diagonalen Zuglieder (Windrispen) müssen ausreichend dimensioniert und sehr sorgfältig an ihren Enden mit der Dachkonstruktion verbunden werden. Bei Verwendung von Stahlbändern muss sichergestellt werden, dass diese dauerhaft nicht durchhängen. Im Erdbebenfall kann sich der Dachstuhl sonst zunächst bewegen und kinetische Energie ansammeln, bevor die Windrispen dann schlagartig mit dem Risiko der Überbeanspruchung „anspringen“. Bei der Verwendung

**Abb. 14**



Aussteifung von Giebelwänden



von Stahlbändern ist daher besonders darauf zu achten, dass diese sorgfältig gespannt werden und ausreichend trockenes Bauholz zur Reduzierung von Schwindeffekten verwendet wird. Windrispen aus Holz haben den Vorteil, nicht durchzuhängen. Damit es durch Druckbeanspruchungen nicht zum Ausknicken kommt, muss ein ausreichender Querschnitt gewählt werden. Zusätzlich müssen die Windrispen mit jedem Sparren kraftschlüssig vernagelt oder verschraubt werden. Eine Alternative zu oftmals störenden Windrispen ist die schubfeste Beplankung der Dachflächen mit Holzwerkstoffplatten.

Um ein Versagen von Stößen, Verbindungen und Anschlüssen in hölzernen Dachkonstruktionen infolge erdbeben-induzierter Erschütterungen zu vermeiden, sind diese zug- und druckfest auszubilden. Abb. 15 zeigt das Versagen eines „Druckanschlusses“, bei dem diese Regel nicht beachtet wurde.

Wie sich auch beim letzten großen Beben in Albstadt gezeigt hat, können nicht ausreichend gesicherte Dacheindeckungen steiler Dächer im Erdbebenfall Verkehrsflächen gefährden (Abb. 17).

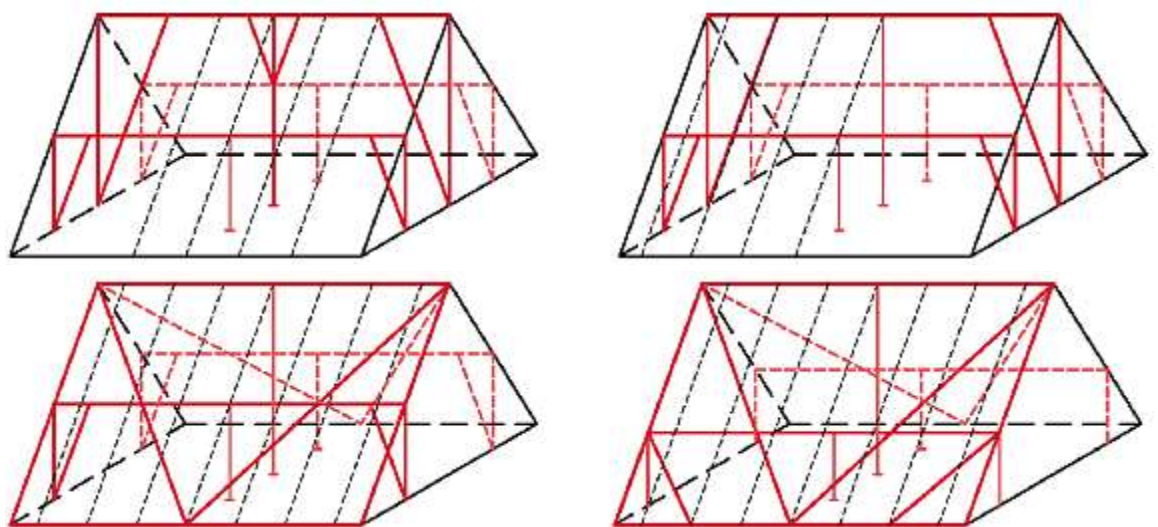
Wirksam verhindern lässt sich das Herabfallen von Ziegeln z. B. durch so genannte Sturmklammern, welche die Dacheindeckung zugfest mit der Dachlattung verbinden (Abb. 19).



**Abb. 15** Versagen eines nicht gegen Zug gesicherten Holzanschlusses

Auch von Schornsteinen können im Erdbebenfall Gefahren ausgehen (Abb. 18). Durch die Überlagerung der Gebäudehauptschwingungen mit den Schwingungen des Schornsteins können insbesondere hohe Schornsteine große Beanspruchungen erfahren. Gemauerte Kamine können daher nur durch ausreichend dimensionierte horizontale Abspannungen in Verbindung mit Eckwinkeln gesichert werden.

**Abb. 16**



Beispiele für Aussteifungen von Satteldächern



**Abb. 17** Teilweise abgedecktes Ziegeldach



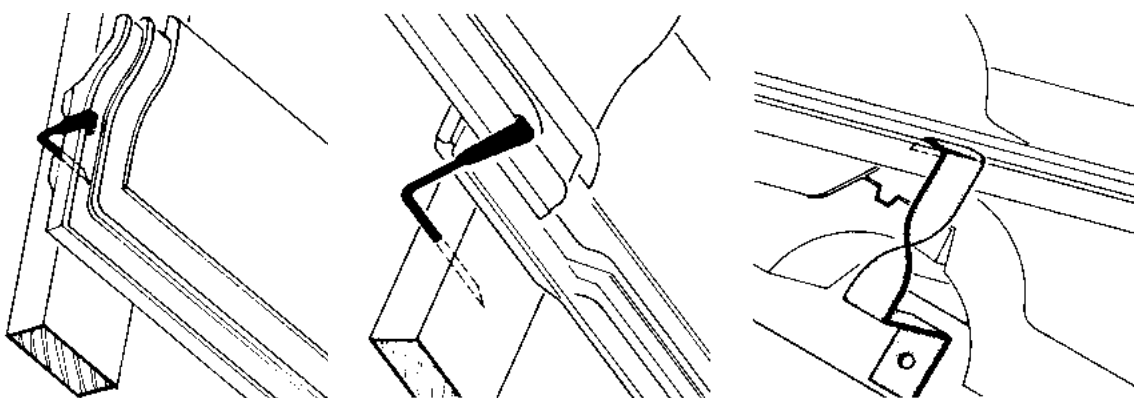
**Abb. 18** Herabgestürzte Schornsteinteile

#### 4.3.7 Nichttragende Bauteile

Auch nichttragende Bauteilen, d.h. Bauteile, die für die Standsicherheit des Gesamttragwerks nicht erforderlich sind (z. B. Ausfachungen, Trennwände, Fassaden, usw.), müssen in Erdbebegebieten gewissen Anforderungen genügen. Mindestanforderung ist, dass sie so konstruiert, bemessen und befestigt sind, dass von ihnen im Erdbebenfall keine Gefahr ausgeht. Dabei ist insbesondere bei spröden Baustoffen darauf zu achten, dass die bei einem Erdbeben auftretenden Verformungen des Gebäudes nicht zu Schäden an Bauteilen oder deren Halterungen führen. Darüber hinaus kann es zur Schadensvermeidung wirtschaftlich sinnvoll sein, nichttragende Bauteile entweder von den im Erdbebenfall auftretenden Gebäudebewegungen durch entsprechende Lagerung zu entkoppeln oder für die auf sie entfallenden Lasten auszulegen.

Weiterhin ist zu beachten ist, dass auch nichttragende Bauteile einen beachtlichen Einfluss auf das Schwingungsverhalten von Gebäuden haben können. Da dieser Einfluss sowohl günstig (z. B. durch Erhöhung der Tragfähigkeit des Gesamtgebäudes) als auch ungünstig (z. B. Torsionswirkung durch nicht berücksichtigte Verschiebung des Steifigkeitsmittelpunkts) sein kann, sollte bei Standsicherheitsnachweisen stets geprüft werden, ob die Bauteile bei den Berechnungen vernachlässigt werden können oder nicht.

**Abb. 19**



Beispiele zur Sicherung von Dachziegeln



# Normenwerk

## 5.1 ENTWICKLUNG DER NORMUNG FÜR ERDBEBENSICHERES BAUEN IN DEUTSCHLAND

Erst unter dem Eindruck eines Bebens in der Nähe von Euskirchen, bei dem im Jahre 1951 elf Menschen verletzt und zahlreiche Häuser beschädigt wurden, entschloss man sich, eine nationale Norm für das Bauen in erdbebengefährdeten Gebieten Deutschlands in Angriff zu nehmen. Die Arbeiten wurden im Jahre 1957 mit der Veröffentlichung der

**DIN 4149:1957-07** „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Richtlinien für Bemessung und Ausführung“.

abgeschlossen. Die durch Erdbeben gefährdeten Gebiete Deutschlands wurden in zwei Zonen unterteilt. Die Norm sah vor, Gebäude abhängig von der Erdbebenzone und den vorliegenden Baugrundverhältnissen für einen bestimmten Prozentsatz der Vertikallasten (max. 10%) horizontal zu bemessen. Das Schwingungsverhalten der Bauwerke spielte bei der Festlegung der horizontalen Erdbebenlasten keine Rolle.

Die Anwendung der Norm war Bauherren zunächst freigestellt. Auch unter dem Eindruck von zwei Beben in den Jahren 1969 und 1970 auf der Schwäbischen Alb wurde DIN 4149:1957-07 jedoch mit der Baunormenbekanntmachung vom 30. November 1971 im Gemeinsamen Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg als öffentlich-rechtlich verbindliche Technische Baubestimmung in Baden-Württemberg eingeführt.

Die baurechtliche Forderung nach Anwendung der Normfassung aus dem Jahre 1957 hatte in Baden-Württemberg allerdings nur relativ kurze Zeit öffentlich-rechtlichen Bestand. Bereits im Jahre 1971 wurde sie durch die

### **Vorläufigen Richtlinien für das Bauen in Erdbebengebieten des Landes Baden-Württemberg**

als Technische Baubestimmung abgelöst. Über die Regelungen der DIN 4149 aus dem Jahre 1957 hinausgehend, wurde in der Richtlinie bei der Ermittlung der Einwirkungen aus Erdbeben nun auch das Schwingungsverhalten der Bauwerke durch die

Angabe von Antwortspektren berücksichtigt. Die von Erdbeben in stärkerem Maße betroffenen Gebiete Baden-Württembergs wurden in 4 Zonen unterteilt. Es dauerte weitere 10 Jahre bis die DIN 4149 aus dem Jahre 1957 überarbeitet war:

**DIN 4149-1:1981-04** „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“

Die Fassung der DIN 4149 aus dem Jahre 1981 ähnelt den „Vorläufigen Richtlinien“ des Landes Baden-Württemberg. Auch hier wurden die in stärkerem Maße erdbebengefährdeten Gebiete Deutschlands in 4 Zonen eingeteilt und der Einfluss des Baugrunds sowie das Schwingungsverhalten der Bauwerke bei der Ermittlung der Einwirkungen aus Erdbeben berücksichtigt. Auch die Einführung von Bauwerksklassen und konstruktive Vorgaben für bauliche Anlagen in Erdbebengebieten waren bereits Bestandteil dieser Normfassung.

Zur Anpassung an den Stand von Wissenschaft und Technik sowie zur Vorbereitung auf bevorstehende europäische Regelungen wurde bereits vor geraumer Zeit von den zuständigen Gremien eine Überarbeitung der DIN 4149 beschlossen. Aktuelles Ergebnis dieser Arbeiten ist

**DIN 4149:2005-04** „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“.

Auf die Unterschiede der beim Beuth Verlag in Berlin ([www.beuth.de](http://www.beuth.de)) erhältlichen neuen Fassung der DIN 4149 gegenüber der Vorgängerversion wird im Folgenden näher eingegangen.

## 5.2 INHALT UND ANWENDUNG DER NEUEN DIN 4149

### 5.2.1 Geltungsbereich

Die neue Fassung der DIN 4149 basiert auf der Konzeption der europäischen Normung für erdbebensicheres Bauen (Eurocode 8), berücksichtigt dabei aber die Besonderheiten deutscher Verhältnisse bezüglich Seismizität und geologischem Untergrund. Wie bereits ihre Vorgängerversion gilt sie nur für bauliche Anlagen des üblichen Hochbaus. Ausdrücklich nicht

## NORMENWERK

im Anwendungsbereich von DIN 4149 sind wie bislang schon Anlagen, von denen im Falle eines Erdbebens zusätzliche Gefahren ausgehen können (z. B. kerntechnische Anlagen, chemische Anlagen, Talsperren usw.). Für solche Anlagen sind weitergehende Betrachtungen anzustellen.

### 5.2.2 Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen

In der Neufassung von DIN 4149 werden im Gegensatz zur Vorgängerversion nur noch drei bemessungsrelevante Erdbebenzonen in Deutschland unterschieden. Außerhalb dieser drei Zonen wird die Gefährdung für übliche Hochbauten so

gering eingeschätzt, dass keine Nachweise zur Erdbebensicherheit gefordert werden. Neu ist, dass die Festlegung der Erdbebenzonen auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage erfolgt. Die neue Karte der Erdbebenzonen weist aus, welche Beben-Intensität mit einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit (bzw. „Wiederkehrperiode“) an unterschiedlichen Orten zu erwarten ist. Durch die mit der europäischen Normung in Einklang stehende neue Definition der Erdbebenzonen kommt es auch in Baden-Württemberg zu teilweise deutlichen Änderungen der Bewertung der lokalen Erdbebengefährdung. Eine schematische Übersicht über die in DIN 4149 festgelegten Erdbebenzonen Deutschlands ist aus Abb. 20 ersichtlich.

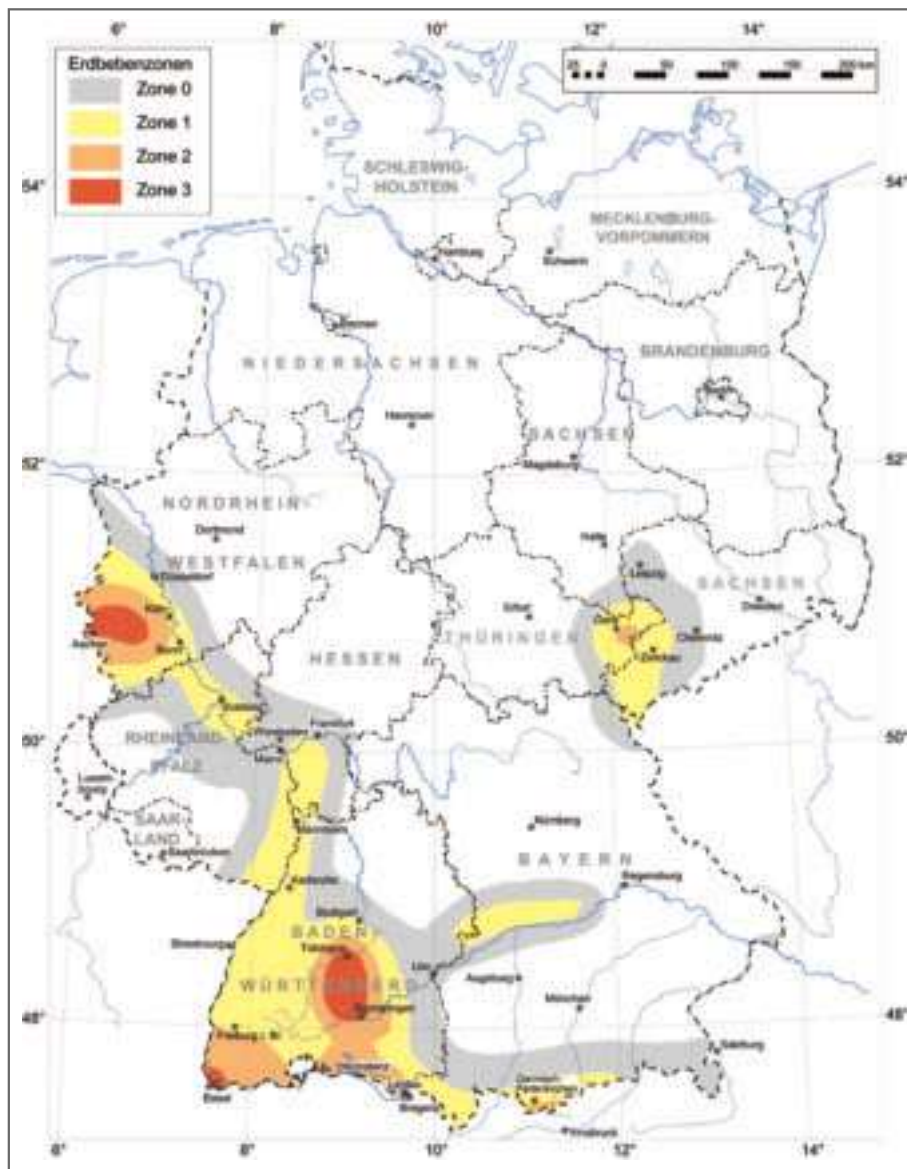


Abb. 20 Erdbebenzonen nach DIN 4149:2005-04

Mit den Erdbebenzonen sind in der Norm Bemessungswerte der Bodenbeschleunigungen verknüpft. Diese dürfen jedoch nicht mit den tatsächlich zu erwartenden kurzzeitig wirkenden Spitzenbeschleunigungen verwechselt werden.

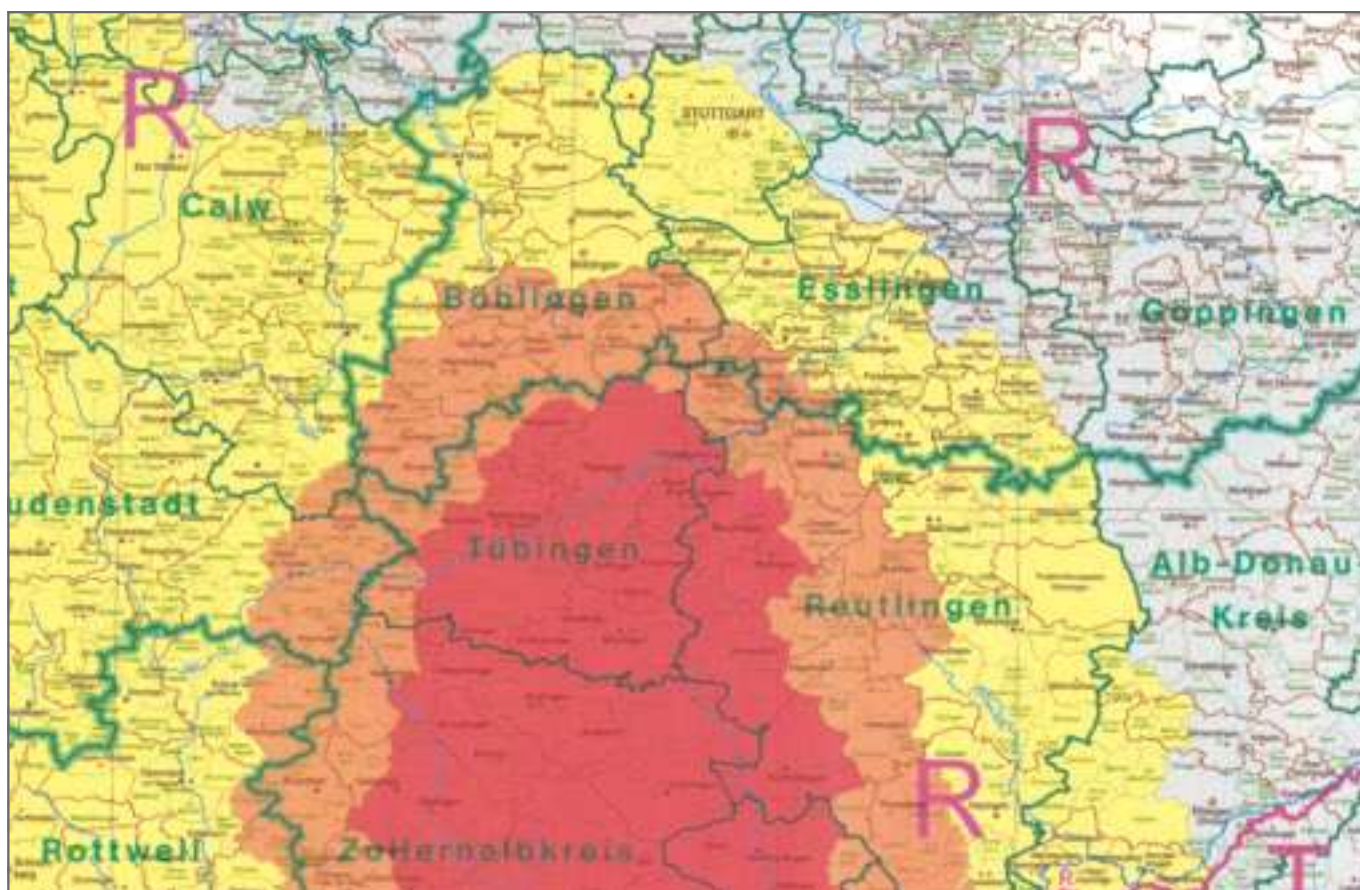
Neben den Erdbebenzonen sind in DIN 4149 auch die für die Auswirkungen von Erdbeben wichtigen geologischen Untergrundverhältnisse Deutschlands kartiert. Die geologischen Untergrundklassen werden unterschieden in:

- **R** Gebiete mit felsartigem Untergrund,
- **T** Übergangsbereiche, flache Sedimentbecken und
- **S** Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung.

Zusammen mit den nicht kartierten örtlichen Baugrundverhältnissen (oberflächennahe Bodenschichten bis etwa 20 m Tiefe) wirken sich die geologischen Untergrundverhältnisse markant auf die anzusetzende Erdbebenbeanspruchung aus.

Die in DIN 4149 enthaltenen Karten der Erdbebenzonen und der geologischen Untergrundklassen sind für eine gemeindscharfe Zuordnung nicht geeignet. Die offizielle „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg 1:350.000“ (Abb. 21) beseitigt dieses Zuordnungsproblem. Die Karte kann beim Landesvermessungsamt Baden-Württemberg ([www.lv-bw.de](http://www.lv-bw.de)) bezogen werden.

**Abb. 21** Auszug aus der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg



## NORMENWERK

### 5.2.3 Ermittlung der Bemessungslasten aus Erdbeben

Mit den heute vorhandenen rechnergestützten numerischen Methoden ist es zwar kein grundsätzliches Problem mehr, das Verhalten und die Beanspruchung von Gebäuden unter den bei einem Erdbeben auftretenden zeitabhängigen Beschleunigungsverläufen zu ermitteln, allerdings ist der Aufwand hierfür enorm. Um dieses Problem praxisgerecht zu lösen, sind in der Neufassung von DIN 4149 wie bislang parametrisierte Antwortspektren angegeben.

In die Ermittlung der Ordinaten des Bemessungsspektrums gehen unter anderem

- der von der Erdbebenzone abhängige Bemessungswert der Bodenbeschleunigung,
- die Untergrundverhältnisse und
- die Schwingungseigenschaften des Gebäudes ein.

Neben dem Bemessungsspektrum werden bei der Ermittlung der Bemessungslasten aus Erdbeben auch die Bedeutung des Gebäudes für die öffentliche Sicherheit (siehe Tab. 3: Bedeutungsbeiwert  $\gamma_I$ ) und die Fähigkeit der gewählten Konstruktion zur plastischen Energiedissipation (Verhaltensbeiwert  $q$ ) durch entsprechende Faktoren berücksichtigt.

### 5.2.4 Nachweis der Standsicherheit für den Lastfall Erdbeben

Nach DIN 4149:2005-04 sind bei den Standsicherheitsnachweisen für Gebäude in den Zonen 1 bis 3 Erdbebeneinwirkungen nach Abschnitt 5.2.3 grundsätzlich zu berücksichtigen. Davon darf nur unter in der Norm genau beschriebenen Bedingungen abgewichen werden. Voraussetzung für den Entfall der Notwendigkeit von rechnerischen Standsicherheitsnachweisen ist allerdings immer, dass die Empfehlungen der DIN 4149 für den erdbebengerechten Entwurf von baulichen Anlagen eingehalten werden.

**Tab. 3** Bedeutungsbeiwerte nach DIN 4149:2005-04

Bedeutungskategorie	Bauwerke	Bedeutungsbeiwert $\gamma_I$
I	Bauwerke von geringer Bedeutung für die öffentliche Sicherheit, z. B. landwirtschaftliche Bauten usw.	0,8
II	Gewöhnliche Bauten, die nicht zu den anderen Kategorien gehören, z. B. Wohngebäude	1,0
III	Bauwerke, deren Widerstandsfähigkeit gegen Erdbeben im Hinblick auf die mit einem Einsturz verbundenen Folgen wichtig ist, z. B. große Wohnanlagen, Verwaltungsgebäude, Schulen, Versammlungshallen, kulturelle Einrichtungen, Kaufhäuser usw.	1,2
IV	Bauwerke, deren Unversehrtheit während des Erdbebens von Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit ist, z. B. Krankenhäuser, wichtige Einrichtungen des Katastrophenschutzes und der Sicherheitskräfte, Feuerwehrhäuser usw.	1,4



# Baurechtliche Aspekte des Bauens in Erdbebengebieten

## 6.1 GRUNDLAGEN

Wie alle Landesbauordnungen gibt auch die Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) als grundlegendes Ziel vor, dass

... bauliche Anlagen so anzuordnen und zu errichten sind, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht bedroht werden.

Zur Konkretisierung dieser Anforderung ermächtigt die LBO das Wirtschaftsministerium als Oberste Baurechtsbehörde Regeln der Technik als Technische Baubestimmungen bekannt zu machen. Die Technischen Baubestimmungen sind einzuhalten. Technische Baubestimmungen sind zum einen die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) im Einvernehmen mit den Bundesländern herausgegebenen Bauregellisten, die in erster Linie Bestimmungen für Bauprodukte enthalten.

Zum anderen wird auf Basis einer unter den Ländern abgestimmten gemeinsamen Muster-Liste (M-LTB) in Baden-Württemberg im Gemeinsamen Amtsblatt eine „Liste der

Technischen Baubestimmungen“ (LTB) bekannt gemacht. Die LTB enthält unter anderem Bestimmungen für Lastannahmen und für Bauarten.

Im Abschnitt 5.1 der aktuellen LTB für Baden-Württemberg wird unter der laufenden Nummer 5.1.1 DIN 4149 aufgeführt. Gleichzeitig wird auf die Anlage 5.1/1 zur LTB verwiesen (siehe Abb. 22), in der über die Norm hinausgehende verwaltungs- und bautechnische Regelungen festgelegt sind.

Ergänzend zur Bekanntmachung von DIN 4149 als Technische Baubestimmung ist in Baden-Württemberg die für bestimmte bauliche Anlagen geltende Freistellung von der bautechnischen Prüfung nach §18 Abs. 1 der Verfahrensordnung zur Landesbauordnung (LBOVVO) in den am stärksten von Erdbeben betroffenen Gebieten eingeschränkt. Die hiervon betroffenen Gemeinden und Gemeindeteile können der Anlage zur LBOVVO entnommen werden.

Die aktuelle Fassung aller vorgenannten Regelungen (LBO, LTB, LBOVVO) stehen auf der Internetseite des Wirtschaftsministeriums [www.wm.baden-wuerttemberg.de](http://www.wm.baden-wuerttemberg.de) zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Titel	Ausgabe	Fundstelle im GABl. bzw. Bezugsquelle
1	2	3	4	5
<b>5 Technische Regeln zum Bautenschutz</b>				
<b>5.1 Schutz gegen seismische Einwirkungen</b>				
5.1.1	DIN 4149 Anlage 5.1/1	Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten	April 2005	2005

**Abb. 22** Auszug aus der erstmaligen Bekanntmachung von  
DIN 4149:2005-04 als Technische Baubestimmung  
im Gemeinsamen Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg vom 21.12.2005

## 6.2 NEUBAU

DIN 4149 ist einschließlich einer zugehörigen Anlage über die LTB bekannt gemacht und somit bei allen Neubauvorhaben in Baden-Württemberg zu beachten.

## 6.3 BESTEHENDE BAULICHE ANLAGEN, NUTZUNGSÄNDERUNG, UMBAU

### 6.3.1 Bestehende bauliche Anlagen

Die Aufnahme der neuen DIN 4149:2005-04 in die Liste der technischen Baubestimmungen lässt als solche den Bestandsschutz bereits bestehender baulicher Anlagen grundsätzlich unberührt. Eigentümer müssen sich jedoch darüber im Klaren sein, dass ihre bestehenden baulichen Anlagen im Erdbebenfall ein höheres Einsturzrisiko aufweisen können als bauliche Anlagen, die nach heutigem Normungsstand errichtet wurden. Auch wenn die Anwendung der Neufassung von DIN 4149 bei einem unveränderten Gebäude baurechtlich nicht zwingend vorgeschrieben wird, liegt es im Interesse des Eigentümers, freiwillig die Standsicherheit seiner baulichen Anlage im Hinblick auf aktuelle Lastvorgaben zu verbessern.

### 6.3.2 Nutzungsänderung

Bei reinen Nutzungsänderungen bestandsgeschützter Gebäude kann nach Abschnitt 6.3.1 eine Anpassung des Tragwerks an die Bekanntmachung der Neufassung von DIN 4149 als Technische Baubestimmung von der Baurechtsbehörde nur dann gefordert werden, wenn die neue Nutzung mit einer Zunahme der erdbebenrelevanten Nutzlasten (z. B. Umwandlung eines Wohngebäudes in ein Lagerhaus oder eines Bürogebäudes in eine Produktionsstätte) verbunden ist. Soweit die erdbebenrelevanten Nutzlasten unverändert bleiben oder gar abnehmen, greift der bauliche Bestandsschutz.

### 6.3.3 UMBAU

Die Bekanntmachung der Neufassung von DIN 4149 als technische Baubestimmung ist grundsätzlich auch bei der Änderung baulicher Anlagen zu beachten. Die aktuellen Technischen Baubestimmungen sind zunächst zwingend nur auf die unmittelbar von der Änderung berührten Teile (z. B. einen Anbau) der baulichen Anlage anzuwenden. Unmittelbar berührt werden, z. B. bei einer Aufstockung, allerdings auch baulich unveränderte aber durch die Maßnahme von höheren Lasten betroffene untere Geschosse und die Gründung. Soweit gegenüber der ursprünglichen Genehmigung keine höheren Lasten entstehen, bzw. über den ursprünglichen Genehmigungszustand hinausgehende Lasten durch entsprechende Ertüchtigungsmaßnahmen kompensiert werden, greift der bauliche Bestandsschutz. Baurechtlich bleibt der Bestandsschutz im Übrigen auch dann erhalten, wenn z. B. nachträgliche Durchbrüche durch bauliche Maßnahmen so kompensiert werden, dass die Standsicherheit gegenüber dem Genehmigungszustand nicht verringert wird. Der Bestandsschutz des Tragwerks erlischt, wenn die Baumaßnahmen so weitgehend sind, dass sie einem Neubau gleichkommen.

Über die baurechtlichen Mindestanforderungen hinaus sollte bei Umbaumaßnahmen stets geprüft werden, ob sich sinnvolle Möglichkeiten zur generellen Verbesserung der Erdbebensicherheit der baulichen Anlage anbieten.

Für Leser, die mehr über Erdbeben und erdbebensicheres Bauen erfahren möchten, seien die nachfolgenden Bücher empfohlen:

**[1] Müller, F. P.; Keintzel, E.**

„Erdbebensicherung von Hochbauten“  
2. überarbeitete und erweiterte Auflage  
Berlin: Ernst, Verlag für Architektur  
und technische Wissenschaften, 1984

**[2] Eibl, J.; Henseleit, O.; Schlüter, F.-H.**

„Baudynamik“. Betonkalender 1988  
Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin: 1988

**[3] Paulay, T.; Bachmann, H.; Moser, K.**

„Erdbebenbemessung von Stahlbetonhochbauten“  
Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin: 1990

**[4] Bachmann, Hugo**

„Erdbebensicherung von Bauwerken“  
2. überarbeitete Auflage  
Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2002

**[5] Meskouris, K.; Hinzen, K.-G.;  
Butenweg, C.; Mistler, M.**

„Bauwerke und Erdbeben.  
Grundlagen – Anwendung – Beispiele“  
Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden: 2007



**Antwortspektrenverfahren**

Vereinfachtes Berechnungsverfahren, das die Ermittlung der Erdbebenbeanspruchung von Tragwerken in zwei Schritte unterteilt. Im ersten Schritt wird die Erdbebenwirkung auf das einfachste dynamische System, den Einmassenschwinger, zurückgeführt. Dabei wird die Schwingungsantwort vieler verschiedener Einmassenschwinger auf eine genügend große Anzahl von Erdbebenzeitverläufen ermittelt. Die Auftragung der maximalen Schwingungsantworten über der Schwingungsdauer wird als **Antwortspektrum** bezeichnet. Ein solches findet man in geglätteter Form für die Bodenbeschleunigung bereits fertig in DIN 4149. Im zweiten Schritt erfolgt der Übergang vom Einmassenschwinger zum realen Bauwerk. Dazu werden die Eigenformen des Tragsystems ermittelt und mit dem Antwortspektrum skaliert. Näherungswerte der Schnittgrößen und Verformungen des Tragwerks ergeben sich aus entsprechenden Überlagerungsvorschriften.

**Bedeutungsbeiwert**

Beiwert der DIN 4149, der bei der Bemessung die Bedeutungskategorie der baulichen Anlage durch Zu- oder Abschläge berücksichtigt

**Bedeutungskategorie**

Klassifizierung von Bauwerken entsprechend ihrer Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit

**Dämpfung**

verkleinert bei Schwingungsvorgängen des Bauwerks die Schwingungsausschläge durch Energiedissipation; wird im wesentlichen durch Zerstörung des Materialgefüges, d. h. plastische Verformungen und Reibung in den Kontaktflächen verursacht

**Duktilität**

(auch Zähigkeit genannt) Plastisches Verformungsvermögen eines Werkstoffes oder Bauteils; Bauteile aus spröden Werkstoffen wie z. B. Glas brechen schlagartig ohne Vorankündigung, duktile Werkstoffe wie Stahl können sich gewissen Überbeanspruchungen durch Plastizieren entziehen; Plastizierungen führen zu im Erdbebenfall gewünschter Energiedissipation

**EMS-Skala**

Europäische Makroseismische Intensitätsskala (1998) mit 12 Graden zur Klassifizierung der Wirkung eines Erdbebens auf Menschen und Bauwerke (siehe z. B. [www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de))

**Epizentralintensität**

Intensität eines Erdbebens am Epizentrum (dies entspricht i. d. R. auch der Maximalintensität), Abkürzung ist  $I_0$

**Epizentrum**

Punkt an der Erdoberfläche, der senkrecht über dem Hypozentrum liegt

**Erdbebengefährdung**

Maß dafür, wie häufig an einem bestimmten Ort bestimmte Intensitäten erreicht oder überschritten werden

**Erdbebeneinwirkung**

Gesamtheit der Wirkungen eines Erdbebens auf ein Bauwerk

**Erdkruste**

oberste Gesteinschicht der Erde; im Bereich der Ozeane ca. 10 km, im Bereich der Kontinente ca. 20-50 km mächtig

**Eurocode 8**

Sammelbegriff für die 6 Teile der europäischen Normenreihe EN 1998 zur Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben

**Herdtiefe**

Tiefe des Hypozentrums unter der Erdoberfläche; unterschieden werden Flachbeben (bis 50 km), mitteltiefe Beben (50-300 km) und Tiefbeben (über 300 km)

**Herdzeit**

Zeitpunkt des Beginns des Erdbebenprozesses

**Hypozentrum**

Punkt des Bruchbeginns im Erdinnern

**Intensität**

Maß für die Wirkung eines Erdbebens auf Menschen und Bauwerke; die Intensität eines Erdbebens ist von der Entfernung vom Erdbebenherd und von den Untergrundbedingungen abhängig; siehe auch EMS-Skala bzw. MSK-Skala, Abkürzung ist I

**Isoseiste**

auf einer geographischen Karte verbinden Isoseisten Punkte gleicher Intensität

**Magnitude**

Maß für die im Erdbebenherd freigesetzte Energie und damit für die Stärke eines Erdbebens (eingeführt durch C.F. Richter 1935, logarithmische Skala, generische Abkürzung ist **M**). Die von Richter aufgestellte Magnitudenbestimmung wird auch heute noch unter der Bezeichnung Lokalmagnitude (Abkürzung **M<sub>L</sub>**) verwendet. Im strengen Sinn bezieht sich die Richterskala nur auf die Lokalmagnitude, verallgemeinert wird aber auch bei anderen Definitionen der Magnitudenskala (z. B. Raumwellenmagnitude, Oberflächenwellenmagnitude, Momentenmagnitude) von „der Richterskala“ gesprochen. Bei sehr großen Beben sollte die Momentenmagnitude (Abkürzung **M<sub>w</sub>**) angegeben werden. Das Erdbeben am 26.12.2004 in Indonesien hatte eine Momentenmagnitude **M<sub>w</sub>** = 9,0

**Massenmittelpunkt**

„Schwerpunkt“ eines massebehafteten Körpers

**MSK-Skala**

Intensitätsskala nach Medwedev, Sponheuer und Karnik (1964) mit 12 Graden zur Klassifizierung der Wirkung eines Erdbebens auf Menschen und Bauwerke (Vorläufer der EMS-Skala)

**Nichttragende Bauteile**

Teile des Bauwerkes, die nicht zur primären Tragkonstruktion gehören (z. B. Schornsteine, Trennwände, Fassadenelemente, untergehängte Deckenelemente, usw.)

**Oberflächenwellen**

seismische Wellen, die sich an der Erdoberfläche ausbreiten (z. B. Rayleigh- und Love-Wellen)

## GLOSSAR

**Scherbruch**

Bruchtyp, bei dem nur Verschiebungen parallel zur Bruchfläche auftreten

**Scherwelle**

Welle mit Bewegungen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung (Transversalwelle)

**Seismizität**

allgemeine Bezeichnung für die räumliche und zeitliche Verteilung von Erdbeben, davon abhängig sind die mittleren Häufigkeiten von Erdbeben verschiedener Stärke in einer Region

**Seismogramm**

Aufzeichnung der lokalen Bodenbewegung bei einem Erdbeben, aus der die Ankunftszeit verschiedener Wellenphasen und die Amplitude der Bodenbewegungen entnommen werden kann

**Seismologie**

Lehre von Erdbeben (griech: seismos = Erschütterung) und der Entstehung und Ausbreitung seismischer Wellen

**Seismometer**

Messgerät zur fortlaufenden Erfassung der Bodenbewegungen in Form von Seismogrammen

**Skelettbauten**

Bauwerke, deren Tragkonstruktion überwiegend aus Rahmen und Stützen besteht

**Steifigkeit**

Widerstand eines Bauteils oder eines Bauwerks gegenüber Verschiebungen oder Verdrehungen (Verformungen)

**Steifigkeitsmittelpunkt**

geht die Wirkungslinie einer Horizontalbelastung durch den Steifigkeitsmittelpunkt, so verdreht sich der Querschnitt nicht

**Tragwerk**

Sammelbezeichnung der maßgeblich für die Standsicherheit der eines Gebäudes erforderlichen Tragglieder (Wände, Stützen, Decken, Fundamente, etc.)

**Verhaltensbeiwert**

bei der Bemessung eines Tragwerks nach DIN 4149 verwendeter konstruktionsabhängiger Beiwert, der es ermöglicht günstig wirkende dissipative Effekte bei der Bemessung der Tragglieder zu berücksichtigen

**Wiederkehrperiode**

Mittlere Zeitdauer (in Jahren), innerhalb derer eine gewisse Amplitude der Bodenbewegung bzw. Intensität am Standort einmal erreicht oder überschritten wird (entspricht dem Kehrwert der Eintritts-/Überschreitenswahrscheinlichkeit)

**Zähigkeit**

siehe Duktilität

### **Herausgeber**

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg  
Theodor-Heuss-Straße 4  
70174 Stuttgart  
www.wm.baden-wuerttemberg.de

### **Bearbeitung**

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg,  
Referat 44: Bautechnik, Bauökologie und Wärmeschutz  
Regierungspräsidium Freiburg,  
Abteilung 9: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau,  
Referat 98: Landeserdbedienist

### **Grundlage**

Bericht Ingenieure im Bauwesen GbR  
(ehemals Prof. Eibl + Partner GbR, Ingenieure im Bauwesen),  
Karlsruhe

### **Bildnachweis**

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg  
Titel, Abb. 1, 2, 5 bis 12, 14 bis 16, 19 bis 22

Regierungspräsidium Freiburg  
Abb. 3, 4

Deutsche Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen  
und Baudynamik (DGEB)  
Seite 3 und Abb. 13, 17, 18

Heidemann & Schmidt GmbH, Stockach  
Titel

### **Gestaltung**

Grafik Design & Konzeption  
Klaus Killenberg  
Stuttgart

### **Druck**

W. Kohlhammer Druckerei GmbH + Co. KG  
Stuttgart

### **Stand**

6. neu bearbeitete Auflage, 2008

### **Bezug über**

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg  
Pressestelle  
Theodor-Heuss-Straße 4  
70174 Stuttgart  
Telefon 0711 - 123 - 2426  
E-Mail pressestelle.wm@wm.bwl.de

Die Broschüre steht im Informationsservice unter  
www.wm.baden-wuerttemberg.de zum Download zur Verfügung.

### **Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Landesregierung Baden-Württemberg im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf während eines Wahlkampfes weder von Parteien noch von deren Kandidaten und Kandidatinnen oder Hilfskräften zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich sind insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel.

Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers bzw. der Herausgeberin zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift verbreitet wurde.

Erlaubt ist es jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.



**Baden-Württemberg**

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg · Theodor-Heuss-Straße 4 · 70174 Stuttgart

Telefon (07 11) 123 - 0 · Telefax (07 11) 123 - 2126 · E-Mail [poststelle@wm.bwl.de](mailto:poststelle@wm.bwl.de)