



Erdbebenversuch

Wann Holzbauten fast nichts erschüttert

► Der Holzbau gilt als erdbebengerechte Bauweise. Doch soviel sei vorweggenommen: Holz ist nicht per se ein erdbebengerechter Baustoff. Holzbauwerke lassen sich aber erdbebensicher konstruieren. Besondere Aufmerksamkeit verdient die mehrgeschossige Bauweise.



Das Bewusstsein um die Bedeutung der Naturgewalt „Erdbeben“ für den Entwurf und die Durchbildung von Bauwerken hat weltweit erheblich zugenommen. In Mitteleuropa wurde das Erdbebenrisiko noch bis vor ein paar Jahren stark unterschätzt. Die neuen länderspezifischen Normen, aber auch eine spezielle Euronorm, widmen sich daher verstärkt diesem Thema. Generell ist die Erdbebengefährdung in Mitteleuropa zwar im weltweiten Vergleich nicht besonders hoch, sie täuscht aber über die Tatsache hinweg, dass es Erdbeben auch hierzulande gibt. Die Frage für den Holzbau ist also nicht, ob ein Erdbeben auftritt, sondern in welcher Stärke es auftreten kann und wie eine mehrgeschossige Holzkonstruktion ausgebildet werden muss, damit sie ihm standhält.

Auch Gebäude haben eine Knautschzone

Als anisotropes Material ist Holz nicht von vornherein ein erdbebengerechter Baustoff. Doch selbst mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise lassen sich erdbebensicher konstruieren, wenn eine Handvoll einfacher Entwurfsgrundsätze beachtet werden. Sie zielen alle darauf ab, ein möglichst regelmäßiges Bauwerk zu erhalten.

Eine wesentliche Rolle bei erdbebensicheren Bauten spielen die Art und Zahl der Verbindungsmittel. Denn in erster Linie geht es darum, dass das Gebäude ein Erdbeben abfangen kann ohne dabei einzustürzen. Im besten Fall kommt es auch nicht zu irreparablen Schäden am Tragwerk. Dazu muss das Tragwerk die Energie der dynamischen Bewegungen des Bebens aufnehmen (Energiedissipation), was in hohem Maße die stählernen Verbindungsmittel leisten, zum Beispiel indem sie sich verformen, ohne dabei zu brechen. Man spricht hier von der „Duktilität der Verbindungsmittel“. Sie entspricht im Prinzip der Knautschzone von Fahrzeugen. Die Summe aller duktilen Verbindungsmittel in einem mehrgeschossigen Holzbau könnte man bildhaft gesprochen als

◀ Ein Siebengeschosser aus Brettsperrholz unterzog sich auf dem weltgrößten Erdbebenversuch einer Reihe von Versuchen. Der so genannte „E-Defense-Tisch“ mit Hydraulikpressen bewegt Auflasten bis 12 000 t



▲ Das Testgebäude bestand nicht nur aus einer leeren Konstruktion, sondern war innen möbliert

Knautschzone des Gebäudes bezeichnen. Solange die äußeren Krafteinwirkungen kleiner sind als die Fähigkeit dieser Knautschzone, sie durch Verformung zu kompensieren, bleibt das Gebäude stehen.

Es wäre nur die halbe Wahrheit, zu behaupten, die Duktilität der Verbindungsmittel macht den Löwenanteil aus, damit ein Gebäude einem Beben standhält. Denn auch Bauteile und ganze Tragstrukturen haben eine bestimmte Duktilität, die im Zusammenspiel mit den Verbindungsmitteln einem Einsturz entgegenwirkt. Trag- und Verformungsverhalten der Holzbauteile und deren Verbindungen müssen jedoch genau aufeinander abgestimmt werden, damit sich das Gesamtsystem bei Erdbeben optimal verhält.

Entscheidende Entwurfsgrundsätze

Bei der Planung haben folgende Punkte Einfluss auf die Erdbebensicherheit eines Gebäudes: die Grundrissgestaltung, das Aussteifungskonzept, die Bauwerkshöhe, die Tragwerksausbildung, die Wahl der

Baumaterialien, die Verteilung der Massen und der Steifigkeiten sowie die Duktilität der Tragstruktur.

Nun sind die maßgebenden Kräfte für den Tragwerksentwurf die von einem Erdbeben hervorgerufenen Horizontalkräfte. Ihre Größe hängt von der bewegten Masse des Gebäudes ab. Das im Vergleich zur Massivbauweise niedrige Eigengewicht der Holzbauteile wirkt sich hier sehr günstig aus.

Das Besondere an den Kräften ist, dass sie dynamisch sind und in schnellem Wechsel auftreten. So liegt dem erdbebengerechten Tragwerksentwurf die Erkenntnis zugrunde, dass vor allem diese dynamischen Horizontalkräfte abzutragen sind. Das gelingt mit einem entsprechenden Aussteifungskonzept. Entscheidend dabei ist die Anordnung der aussteifenden Bauteile: Sie sollten entsprechend dem Grundsatz der Regelmäßigkeit symmetrisch über den Grundriss und über die Höhe verteilt sein und ähnliche Steifigkeiten haben.

Gleichzeitig ist es wichtig, dass sie ohne Unterbrechung über die gesamte Gebäudehöhe wie ein vertikaler Kragarm – ähnlich einem Baum – durchlaufen, und zwar mit konstantem Querschnitt. So können die Horizontalkräfte aus den starren

Deckenscheiben in den Stockwerksübergängen zuverlässig in den „Kragarm“ übertragen und ins Fundament eingeleitet werden.

Auch Grundrisse sollten regelmäßig sein. Prinzipiell sind kompakte, also rechteckige oder quadratische Grundrissformen vorteilhaft. Stark aufgelöste, wie zum Beispiel zusammenhängende L-förmige Grundrisse, sollte man vermeiden, da sie unter horizontaler Erdbebeneinwirkung unterschiedliche Steifigkeiten haben. Die beiden Flügel möchten unterschiedlich schwingen, behindern sich aber gegenseitig. Die Folge sind unberechenbare Zusatzbeanspruchungen. Die einfache Lösung: Die beiden Schenkel der L-Form durch eine Fuge voneinander trennen und zwei kompakte, eigenständige Tragwerke ausbilden. Damit lässt sich das Problem umgehen.

Natürlich gibt es noch eine Menge weiterer Grundregeln wie man mehrgeschossige Gebäude erdbebensicherer macht. Dass der Holzbau hier viele Vorteile hat, wenn man sie konstruktiv richtig zu nutzen weiß, leuchtet ein. Eine beeindruckende Versuchreihe von Erdbebensimulationen im Maßstab 1:1 in Japan beweist es.

Dipl.-Ing. (FH) Susanne Jacob-Freitag,
Karlsruhe ■

► Siebengeschossiger Holzbau im Erdbebenversuch

Die nun strengeren Erdbebenbestimmungen der neuen Tragwerksnormen bilden die Zusammenhänge der realen Gegebenheiten bei Erdbeben als theoretisches Modell ab. Bestätigen oder ergänzen können es praktische Versuche.

Das National Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) im japanischen Miki bei Kobe setzte im Rahmen des Forschungsprojekts SOFIE des italienischen Forschungsinstituts IVALSA ein siebengeschossiges Holzgebäude auf dem mit 15 x 20 m größten Erdbebentisch der Welt den Kräften des schweren Erdbebens von Kobe im Jahr 1995 aus.

Das 7,5 m breite, 13,5 m tiefe und 23,5 m hohe Gebäude bestand komplett aus Brettspertholz. Wände und Decken waren mit Stahlformteilen, Nägeln und selbstbohrenden Holzschrauben verbunden. Zuganker koppelten die Wände durch die Deckenplatten hindurch. Der Tisch bewegte sich horizontal in beide Richtungen mit einer maximalen Geschwindigkeit von 2 m/s bis zu 1 m, vertikal mit 70 cm/s bis zu 70 cm.

Die Ergebnisse der Versuchsreihe waren beeindruckend: Das Gebäude hielt ohne bleibende Verformungen stand. Kleinere Schäden konnten repariert werden, so dass das Gebäude auch nach den Versuchen vollständig gebrauchstauglich war. Von Einsturz keine Spur.

Weitere Informationen gibt es im Internet unter:
www.progettosofie.it
www.bosai.go.jp/hyogo/ehyogo/Introduction.html
www.progettosofie.it/documenti/kobe100-3-Dexp.mpg