

Tech-News Nr. 2008/4 DIN 1054 und DIN 4149

Fachgebiet: Gründungen und Einwirkungen

Dipl.-Ing.
Jürgen Lorch
Nebelhornstraße 78
71083 Herrenberg

Gründungen unter Einwirkung von Erdbeben

Im Abschnitt 7.2.5 der DIN 4149:2005-04 wird die Tragfähigkeit der Gründungen geregelt. Im Absatz (2) wird folgendes ausgeführt:

*Die Schnittgrößen für die Gründungen sind auf der Grundlage der **Kapazitätsbemessung** unter Berücksichtigung möglicher Überfestigkeiten zu ermitteln, sie müssen jedoch nicht größer angesetzt werden als die Schnittgrößen, die sich für die Erdbebenbemessungssituation unter der Annahme elastischen Verhaltens ($q = 1,0$) ergeben.*

Man muss diesen Absatz sicherlich mehrmals lesen, um ihn zu verstehen, es sei denn man ist Stahlbauer und der Absatz 9.3.2 der DIN 4149:2005-04 ist Gegenstand der täglichen Arbeit. Die Kapazitätsbemessung für den homogenen Baustoff Stahl ist an sich eine sehr aufwändige Arbeit, für den inhomogenen Baustoff Stahlbeton ist der Aufwand riesig und aus meiner Sicht steht er in keiner Relation zum in der heutigen Zeit erzielbaren Honorar.

Also ist es empfehlenswert die Gründung nach Absatz (3) zu bemessen. Dort wird folgendes ausgeführt:

Falls die Schnittgrößen für die Gründung unter Verwendung eines Verhaltensbeiwert $q \leq 1,50$ ermittelt werden, ist eine Berücksichtigung der Kapazitätsbemessung nach (2) nicht erforderlich.

Stahlbetonbauten der Duktilitätsklasse 1 werden mit einem Verhaltensbeiwert $q = 1,50$ bemessen, somit muss für die Schnittgrößen im Bereich der Gründung keine Korrektur vorgenommen werden. Für Stahlbetonbauten der Duktilitätsklasse 2 ist aber der Verhaltensbeiwert in der Regel $q > 1,50$, so dass Absatz (2) maßgebend wird und eine Kapazitätsbemessung vorgenommen werden muss. Will man trotzdem Absatz (3) anwenden, so müssen die bereits ermittelten Schnittgrößen für einen Verhaltensbeiwert $q > 1,50$ mit dem Faktor $q/1,50$ erhöht werden. Beim Holzbau und Stahlbau liegen die Sachverhalte, wenn $q > 1,50$, ähnlich wie beim Stahlbetonbau Duktilitätsklasse 2.

Die Bemessung der Gründung kann nach Abschnitt 7.7 von DIN 1054:2005-01 durchgeführt werden; d.h. es wird der Sohldruck nach Tabelle A1 bis A6 nachgewiesen. Der charakteristische Sohldruck wird dem aufnehmbaren Sohldruck gegenübergestellt, vereinfacht ausgedrückt, der Nachweis wird wie bisher nach DIN 1054: 1976 erbracht. Es ist nun die Frage zu klären, welche Erhöhungen sind im Fall Einwirkung Erdbeben vertretbar.

Vorab muss angemerkt werden, dass folgende Hinweise keine Auslegungen der Norm darstellen. In den eingeführten Normen für diesen Bereich wird leider keine verbindliche Aussage getroffen. Zynisch ausgedrückt, wir werden trotz umfangreicher Normen mit unseren Problemen im Bereich der Gründung alleingelassen. In der Schweiz wird nur bei wichtigen Bauwerken ein Nachweis für die Gründung im Lastfall Erdbeben gefordert. Im zuständigen Normenausschuss wird diese ketzerische Forderung zurzeit diskutiert. Hoffen wir, dass die Praxis endlich einmal die Oberhand behält.

An dieser Stelle muss der obersten Baurechtsbehörde von Baden-Württemberg für ihre Bemühungen in diesem Normenausschuss Dank ausgesprochen werden. Sie setzt sich zusammen mit den drei Prüfsingenieuren für Baustatik aus Baden-Württemberg für eine praxisnahe Version der DIN 4149 ein.

Wir haben uns im Medienbeirat mehrheitlich für das nachfolgende Konzept entschieden. Diesem Konzept muss nicht jeder Prüfsingenieur zustimmen. Ein Grundbruchnachweis nach DIN 4017 für den Lastfall 3 ist dann der Kapazitätsbemessung vorzuziehen.

Im Lastfall Erdbeben konnte man nach der alten DIN 4149 den Wert für die zulässige Sohlpressung um 50% erhöhen. In der neuen DIN 4149 ist diesbezüglich kein Hinweis enthalten. Man ist leider gezwungen, den Grundbruch im Lastfall 3 (DIN 1054:2005) nachzuweisen. Ohne EDV-Programm ist der Nachweis der Grundbruchsicherheit eine sehr rechenintensive Aufgabe, anders formuliert, eine Strafarbeit.

Der charakteristische Sohldruck für **nichtbindigen** Boden nach Tabelle A1 ist nicht ohne weiteres mit den Werten aus dem Grundbruchnachweis zu vergleichen. Auf der Einwirkungsseite liegen die Sicherheitsbeiwerte zwischen 1,35 und 1,50 und auf der Widerstandseite (Grundbruch) bei 1,40. Das heißt der globale Sicherheitsbeiwert (Lastfall 1 DIN 1054 und zentrische Beanspruchung) liegt zwischen $1,35 \cdot 1,4 = 1,89$ und $1,5 \cdot 1,4 = 2,10$, ein Mittelwert für die Erhöhung der Sohlpressung bei Einwirkung Erdbeben von 2,0 ist vertretbar. Die Einschränkungen des Abschnitts 7.7 sind weiterhin zu beachten.

Bei einer klaffenden Fuge bis zur Mitte des Fundaments (einachsige Beanspruchung für nichtbindigen Boden) kann man aus unserer Sicht ebenfalls einen Mittelwert für die Erhöhung der Sohlpressung von 2,0 ansetzen. Die Sohlpressung wird in diesem Fall nach DIN 1054 Abschnitt 7.7.1 Absatz 2 berechnet, die Ersatzfläche A' ist anzusetzen.

Ein genauer Grundbruchnachweis liefert in der Regel für die üblichen Bodenkennwerte der nichtbindigen Böden höhere mögliche Einwirkungen. Dies haben wir durch zahlreiche Berechnungen überprüft.

Die Einstufung des **nichtbindigen** Bodens nach Tabelle A7 ist zwingend vorgeschrieben. Es ist aus unserer Sicht unbedingt notwendig, dass im Lastfall Erdbeben ein Baugrundsachverständiger eingeschaltet wird. Die Werte für die innere Reibung sollten zwischen $32,5^\circ$ und 40° liegen und die allseitige Einbindetiefe muss mindestens $0,6 \cdot b$ ($b < a$, Einzelfundament), um die oben angeführte Erhöhung anzusetzen. Außerdem muss beachtet werden, dass $\delta_E = H_k / V_k \leq 0,20$ ist. Die Horizontalkraft mindert die Tragfähigkeit stark ab.

In diesem Zusammenhang möchte ich noch einmal darauf hinweisen, dass eine Einstufung durch den Tragwerksplaner des Bodens in die Tabelle A7 keine Grundleistung des Tragwerksplaners ist und im Schadensfall kann diese kostenlose Einstufung eine Ausstiegsklausel hinsichtlich der Versicherungsleistung bedeuten.

Für **bindigen Boden** ist eine Erhöhung mit dem Faktor 2,0 nicht vertretbar. Der Grundbruchnachweis ist sehr stark von der Kohäsion abhängig. Um die Werte der Tabelle A3 bis A6 im Lastfall 1 zu erreichen, sind Kohäsionswerte von $> 10,0 \text{ kN/m}^2$ für die mittlere Konsistenz „halbfest“ erforderlich. Ein Erhöhungsfaktor 1,50 für die Sohlpressungen im Fall Einwirkung Erdbeben ist vertretbar. Ebenfalls zu beachten ist, dass $\delta_E = H_k / V_k \leq 0,20$ ist. Will man höhere Werte für den bindigen Boden ansetzen, ist ein Grundbruchnachweis erforderlich

Die Grenzen für die klaffenden Fugen sind ebenfalls einzuhalten, sie werden durch die Grundbruchnorm definiert. Die Exzentrizität darf maximal $a/3$ bzw. $b/3$ betragen. Die Sohlpressung wird in diesem Fall nach DIN 1054 Abschnitt 7.7.1 Absatz 2 berechnet, die Ersatzfläche A' ist anzusetzen.

Werden die Forderungen des Abschnitts 7.1 (5) der DIN 4149:2005 erfüllt; d.h. es liegt ein steifer „Stahlbetonkasten“ vor (Mauerwerkswände werden nicht zur Aussteifung herangezogen) und die aussteifenden Wände verlaufen ohne Unterbrechung von der Gründung bis zur Gebäudeoberkante (Lage der obersten horizontalen Aussteifungsebene), ist ein Nachweis der Gründung im Lastfall Erdbeben nicht erforderlich. Folgende Voraussetzungen sind zusätzlich zu beachten:

- Der „Stahlbetonkasten“ ist im Grundriss hinsichtlich der Verteilung der horizontal aussteifenden Elemente ungefähr symmetrisch bezüglich zweier rechtwinklig zueinander stehenden Achsen. Eine Torsionswirkung kann augenscheinlich aufgenommen werden.
- Die aussteifende Bodenplatte (Stahlbetonscheibe) wird mit den aussteifenden Wänden schubsteif (entsprechende Bewehrung ist vorhanden) verbunden.
- Abschnitt 12.2 wird für den „Stahlbetonkasten“ nicht maßgebend; d.h. die Erdanschüttung ist an allen Seiten näherungsweise gleich hoch, kein oder ein vernachlässigbarer Gesamtschub aus ungleichmäßigem Erddruck.
- unterschiedlich tief gegründete Bodenplatten (Bodenplattenversatz) sind für diese Vereinfachungen nicht zulässig.
- Die Deckenscheibe ist schubsteif an die aussteifenden Wände angeschlossen, ebenfalls kein Deckenversatz zulässig

Die Diskussion, ob ein steifer „Stahlbetonkasten“ vorliegt oder nicht, wird nun verstärkt geführt. Vorsorglich weisen wir darauf hin, dass ein gegliedertes Aussteifungssystem in diesem Bereich in Form eines H oder U die Forderungen des ersten Spiegelstrichs nicht erfüllt. Weiterhin erfüllt die Bodenplatte mit einer Bewehrung im oberen Drittel nicht die Forderungen des zweiten Spiegelstrichs. An beiden Außenflächen der Bodenplatte ist jeweils eine Bewehrung mit mindestens $1,50 \text{ cm}^2/\text{m}$ anzuordnen. Die Stärke der Bodenplatte muss mindestens 16 cm betragen.

In der Tech-News 2008/2 geht die Wandscheibe W3 nicht bis zur Gründung durch. In Höhe der Decke über UG wird das anteilige Moment in ein vertikales Kräftepaar aufgeteilt, somit müssen diese vertikalen Normalkräfte aus dem Lastfall Erbeben, trotz steifem Kasten, bei der Bemessung der Fundamente berücksichtigt werden.

Wird keine Bodenplatte (Stahlbetonscheibe) eingebaut oder liegt eine Hanglage vor, ist ein Nachweis der Fundamente einschließlich Gleitsicherheitsnachweis für den Lastfall Erdbeben erforderlich. Im Einführungserslass zur DIN 4149 Abschnitt 12 wird festgelegt, dass beim Gleitsicherheitsnachweis außer der Sohlreibung nur ein Anteil von 30% des passiven Erddruckes angesetzt werden darf.

Bei Pfahlgründungen ist nach unserer Auffassung das vereinfachte Antwortspektrenverfahren nicht möglich. Hier ist die Pfahlgründung zusammen mit dem Überbau in die Ermittlung der Schnittkräfte (eventuelle Pfahlbiegung beachten) mit einzubeziehen.

Bei einer elastisch gebetteten Bodenplatte ist der dynamische Steifigkeitsmodul zu erfragen. Eventuelle ungünstige Rückwirkungen der Gründung auf den Überbau sind zu berücksichtigen, siehe Abschnitt 6.1.3 der DIN 4149:2005-04. Eine zu steif angenommene Gründung führt zu konservativen Erdbebeneinwirkungen; eine Ausnahme bildet der ansteigende Ast des Antwortspektrums.

Zu der DIN 4149:2005-04 gibt es natürlich auch einige Auslegungen, die die Gründung nicht berühren. Ich will nur auszugsweise fünf nennen und nicht kommentieren:

- In der Praxis erfolgt immer wieder die Frage nach der Berücksichtigung von Lasten aus Schiefstellungen. Wirkungen nach der Theorie II. Ordnung sowie horizontale Lasten aus der Schiefstellung müssen nicht berücksichtigt werden.
- Die Forderung, alle aussteifenden Bauteile pauschal mit hochduktilen Stahl zu bewehren, ist nicht erforderlich. In allen Bauteilen, die primär zur Abtragung der horizontalen Erdbebenlasten herangezogen werden, sowie ggf. bei deren Abfangung muss der verwendete Betonstahl die Anforderungen an hochduktilen Stähle nach DIN 1045-1 (Typ B) erfüllen. Querbewehrung und Umschnürungsbügel dürfen in normalduktilen Stahl ausgeführt werden. An die Bewehrung von üblichen Deckenscheiben (Bodenplatten) werden in den Bereichen ohne konzentrierte Scheibenbeanspruchungen (z.B. Lasteinleitung in aussteifende Systeme) keine Duktilitätsanforderungen gestellt. Gleiches gilt für Wandscheiben.
- Abschnitt 10.3 zweiter Spiegelstrich betrifft nicht versetzt angeordnete Wände, sondern es muss dort lauten: die Abminderung des Bemessungswertes des Schubflusses für Holztafeln mit versetzt angeordneten Platten (siehe DIN 1052:2004-08 Abschnitt 8.7.2(6)) wird in den Erdbebenzonen 2 und 3 nicht angesetzt.
- Eine Unterschreitung der Mindestdicken von Holzbauteilen, wie sie in DIN 1052:2004:08 Abschnitt 12.2.2 (2) und 12.2.3 (7) gestattet ist, ist in den Erdbebenzonen 2 und 3 nicht zulässig.
- Bei weit gespannten Tragwerken, wie z.B. Hallen ab ca. 15,0 m Spannweite, kann auf eine Koppelung der einzelnen Gründungskörper verzichtet werden, wenn in der Erdbebenbemessungssituation zusätzlich zu den Beanspruchungen E_{dAE} nach 5.5(1) die Beanspruchungen aus einer horizontalen Relativverschiebungen nach Gl.(10) überlagert und nachgewiesen werden.

Leider muss abschließend angemerkt werden, dass die Frage, ob im Lastfall Erdbeben ein dynamischer Grundbruch oder nicht nachzuweisen ist, noch immer nicht geklärt ist. Diese Frage

bleibt seit Jahrzehnten offen, ähnlich dem trostlosen Fall der Brandschutzbemessung von auskragenden Stahlbetonstützen.

*In einer irrsinnigen Welt vernünftig sein zu wollen ist schon wieder ein Irrsinn für sich.
Voltaire (1694 – 1778)*