


Technische Mitteilung	SG 02/08	Jul 2021	
Grundbau			
Bautechnische Besonderheiten bei Tiefgründungen in Erdbebengebieten			Nordrhein-Westfalen

Diese Technische Mitteilung dient als Ergänzung zur Technischen Mitteilung 01/056 „*Bewehrung von Betonpfählen in Erdbebengebieten*“ des BVPI aus Sept. 2016.

Das Ziel der bauaufsichtlich eingeführten Erdbebennorm DIN 4149:2005 ist der Personenschutz und nicht der Objektschutz. Der Erdbebennachweis gemäß DIN 4149 muss daher die Tragfähigkeit sicherstellen. Höhere Anforderungen können sich hingegen für Bauwerke der Bedeutungskategorie IV (Krankenhäuser, Feuerwehrtürme) ergeben. Etwaige über DIN 4149 hinausgehende Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit, wie sie in EC 8 formuliert sind, müssen individuell mit den Beteiligten frühzeitig abgestimmt werden.

Bei Erdbeben stellt sich zwischen Boden und Bauwerk eine dynamische Wechselwirkung ein. Während bei Windkräften die Horizontallast von außen auf das Bauwerk einwirkt, handelt es sich bei Erdbeben um dynamische Massekräfte des Bauwerks, die durch sinusförmige Schwellbewegungen aus dem Boden angeregt werden. Daher sind die bei Anordnung von Schrägpfählen aus der hohen Stoßenergie der Massekräfte auftretenden Belastungen möglichst zu vermeiden.


Zu Pfahlgründungen in Erdbebengebieten gilt DIN 4149, Abschnitt 12.1.1. Demnach ist zu unterscheiden zwischen Pfählen bei **(a)** ausreichend horizontal steifen Bodenschichten mit ausreichendem Scherwiderstand und **(b)** weichen Böden.

a) ausreichend horizontal steife Bodenschichten mit Aktivierung des Scherwiderstands der horizontalen Sohlfläche

In der Praxis wird im Erdbebennachweis bei ausreichend horizontal-steifen Bodenschichten die Horizontalschubübertragung über die Sohlfläche vorausgesetzt, so dass die Pfähle nur vertikale Kräfte abtragen müssen. Dies entspricht bei ausreichend rauen Sohlflächen dem Prinzip aus DIN 4149, Abschnitt 12.1.1, Absatz (4).

Gemäß MVV-TB 2020 darf zusätzlich in Übereinstimmung mit EC 8, Teil 5 **30% des nominellen passiven Erdwiderstands** angesetzt werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass zur Stützung von Baugrubenwänden eingebrachte nicht verrottungsbeständige Verbauten vollständig zurückgebaut werden und der Arbeitsraum mit scherfestem nicht bindigem Boden verfüllt wird. Das Bodenmaterial ist lagenweise einzubauen und ordnungsgemäß gegen den anstehenden Boden und die für die Erddruckaufnahme dimensionierte Bauwerkswand zu verdichten. Nachzuweisen ist ein Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 100\%$.

Pfähle, die ausschließlich der Begrenzung von Setzungen dienen, z.B. bei kriechfähigen Böden im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, können auch im Erdbebenlastfall ausschließlich für lotrechte Lasten ausgelegt werden, wenn der Horizontallastabtrag über den Scherwiderstand des Bodens gegeben ist. Sekundäre Biegemomente der Pfähle aus Erdbeben können in der Bemessung i.d.R. vernachlässigt werden, wenn sie nicht für den Personenschutz gemäß DIN 4149 maßgebend sind.

Technische Mitteilung	SG 02/08	Jul 2021	
Grundbau			
Bautechnische Besonderheiten bei Tiefgründungen in Erdbebengebieten			Nordrhein-Westfalen

b) weiche Bodenschichten, Baugrund mit Verflüssigungspotential

Bei weichen Böden (oder auch bei stark heterogenen Schichtwechselln mit stark unterschiedlichen Schubsteifigkeiten im Boden) oder Baugrund mit Verflüssigungspotential ist gemäß DIN 4149:2005, Abschnitt 12.1.1, Absatz (3) zu beurteilen, ob die Pfähle zusätzliche Längs-, Biege- und Querkräfte erfahren. Dies ist i.d.R. der Fall, wenn zwischen tieferen festen Bodenschichten und dem Bauwerk horizontale Verschiebungen auftreten können. Bei Bauwerken auf weichen Baugrund oder auf Baugrund mit Verflüssigungspotential kann es somit im Erdbebenfall zu zusätzlichen Biegemomenten- und Querkraftbeanspruchungen der Pfahlgründung kommen. Dies kann eine genauere rechnerische Untersuchung erforderlich machen. Dies ist insbesondere bei nicht oder nur gering tragfähigem Baugrund (z.B. oberflächennah anstehende Torfschichten, breiige bis weiche bindige Böden, nicht verrottungsbeständige lockere Deponieablagerungen) oder Baugrund mit Verflüssigungspotential zu beachten.


Konstruktive Durchbildung von Bohrpfählen

Die Konstruktionsregeln der EN 1536:2015 Bohrpfähle, der DIN SPEC 18140 und der EA Pfähle sind zu berücksichtigen. DIN 4149 enthält darüber hinaus keine besonderen Regeln zur konstruktiven Durchbildung von Bohrpfählen.

Bei erhöhten Duktilitätsanforderungen sollte die konstruktive Durchbildung des Pfahlkopfs besonders berücksichtigt werden. Im bauaufsichtlich bisher nicht eingeführten Eurocode 8, Teil 1 werden in Abschnitt 5.8.4 Hinweise zur konstruktiven Ausbildung von Pfählen gegeben. Demnach ist der obere Teil des Pfahls als Bereich möglicher plastischer Gelenke auszubilden. Dazu sind sie mindestens auf der Länge $2d$ (d = Querschnittsabmessung des Pfahls) wie kritische Bereiche in Stützen der Duktilitätsklasse DC M mit Quer- und Umschnürungsbewehrung zu versehen. Pfähle, die unter Erdbebenbeanspruchung Zugkräfte oder planmäßige Biegemomente aufnehmen, sind mit entsprechenden Verankerungen auszuführen und ausreichend zu bewehren. Dabei muss für Zugpfähle der Widerstand gegen Herausziehen aus dem Boden (aktivierbare Mantelreibung zwischen Pfahl und Boden) oder die Zugfestigkeit der Bewehrung verankert werden. Der kleinere Wert ist maßgebend.

Tiefgründungen auf Pfählen mit kleinem Pfahldurchmesser

Sollen in Erdbebengebieten Tiefgründungen auf lotrechten Pfählen mit kleinem Durchmesser - wie z.B. Mikropfähle gemäß DIN EN 14199:2012 und DIN SPEC 18539:2012 - ausgeführt werden, ist zu beachten, dass von derartigen Pfahlsystemen nur axiale Kräfte planmäßig in den Baugrund abgetragen werden dürfen. Die horizontale Lagesicherung derartig gegründeter Baukörper muss auch für den Lastfall „Erdbeben“ durch eine zusätzliche möglichst steife Stützung gewährleistet sein. Sofern nicht durch eine zusätzliche horizontale Stützung des Baukörpers nennens-

Technische Mitteilung	SG 02/08	Jul 2021	
Grundbau			
Bautechnische Besonderheiten bei Tiefgründungen in Erdbebengebieten			Nordrhein-Westfalen

werte Kopfauslenkungen der Pfähle im Erdbebenfall verhindert werden, ist - angepasst an die zu erwartende Kopfverschiebung - ein Knicksicherheitsnachweis zu führen. Dies gilt insbesondere dann, wenn oberflächennah breiige bis weiche bindige oder organische Böden anstehen oder aufgrund der Baugrundverhältnisse eine Verflüssigungsgefahr des Bodens im Erdbebenfall besteht. Hinsichtlich der Ausbildung der Kopfverankerung derartiger Pfähle in der aufgehenden Konstruktion sind die Vorgaben der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen zu beachten.

Tiefgründungen auf Ortbeton-Verdrängungspfähle

Sollen in Erdbebengebieten Tiefgründungen auf lotrechten Ortbeton-Verdrängungspfählen gemäß DIN EN 12699:2010 und DIN SPEC 18538:2012 ausgeführt werden, gelten grundsätzlich die vorstehenden Hinweise für die konstruktive Durchbildung von Bohrpfählen. Ortbeton-Verdrängungspfähle sollten – sofern verfahrenstechnisch ausführbar- ebenfalls über ihre gesamte Länge bewehrt werden. Wird hiervon abgewichen, ist der Nachweis zu erbringen, dass im Lastfall Erdbeben - unterhalb der bewehrten Zone - insbesondere die Schubtragfähigkeit der Pfähle weiterhin gewährleistet ist.