

Pfähle nach EN 1536 und EN 12699

Dipl.-Ing. Thomas Garbers, Dipl.-Ing. Werner Brieke

1 Einleitung

Die europäische Harmonisierung schreitet auch im Bereich der Pfahlgründungen weiter voran. Für die Herstellung von Bohrpfählen liegt seit Juni 1999 die EN 1536 [1] als Ersatz für die DIN 4014 [2] vor. Für die Herstellung von Verdrängungspfählen liegt seit Mai 2001 die EN 12699 [3] als Ersatz für die DIN 4026 [4] vor.

Diese Normen sind reine Ausführungsnormen. Alle Aspekte der Ausführung werden wesentlich ausführlicher als in den bisherigen deutschen Normen behandelt. Die Bemessung erfolgt im Eurocode 7 [5], Teil 1, Geotechnik. Da der Eurocode 7 noch nicht vorliegt, ist für die Bemessung auf die neue Norm DIN 1054 [6] zurück zugreifen. Mit der bauaufsichtlichen Einführung der DIN 1054 [6], der EN 1536 [1] und der EN 12699 [3] ist Anfang des Jahres 2004 zu rechnen. Die Verabschiedung des Eurocode 7 [5] steht noch aus.

In diesem Beitrag werden die wesentlichen Änderungen bzw. Neuerungen der EN 1538 und EN 12699 zusammengestellt.

1.1 Änderungen

Gegenüber den deutschen Normen wurden folgende Änderungen vorgenommen:

1. Grundlegende Überarbeitung unter dem Gesichtspunkt einer europäischen Harmonisierung
2. Berücksichtigung neuer Ausführungstechniken (z.B. dem Fundex- und Atlaspfahl in der EN 12699)
3. Einführung einer detaillierten Ausführungsüberwachung

2 Neue Inhalte der Normen

2.1 Anwendungsbereich

Die EN 1536 Bohrpfähle [1] beinhaltet Pfähle, die durch Bodenaushub hergestellt werden. Die Durchmesser der Bohrpfähle liegen wie bisher zwischen 0,3 und 3,0 m. Schlitzwandelemente sind mit einer Wandstärke von min. 40 cm und einem max. Verhältnis $L/W = 6$ herzustellen. Die zulässige Pfahlneigung wurde bei Pfählen mit bleibender Verrohrung auf 3:1 vergrößert.

Schaftaufweitungen sind jetzt im Gegensatz zur bisherigen Norm zulässig. Schaft- und Fußaufweitungen können gemäß Abb. 1 bis zum 2fachen Pfahldurchmesser ausgeführt werden.

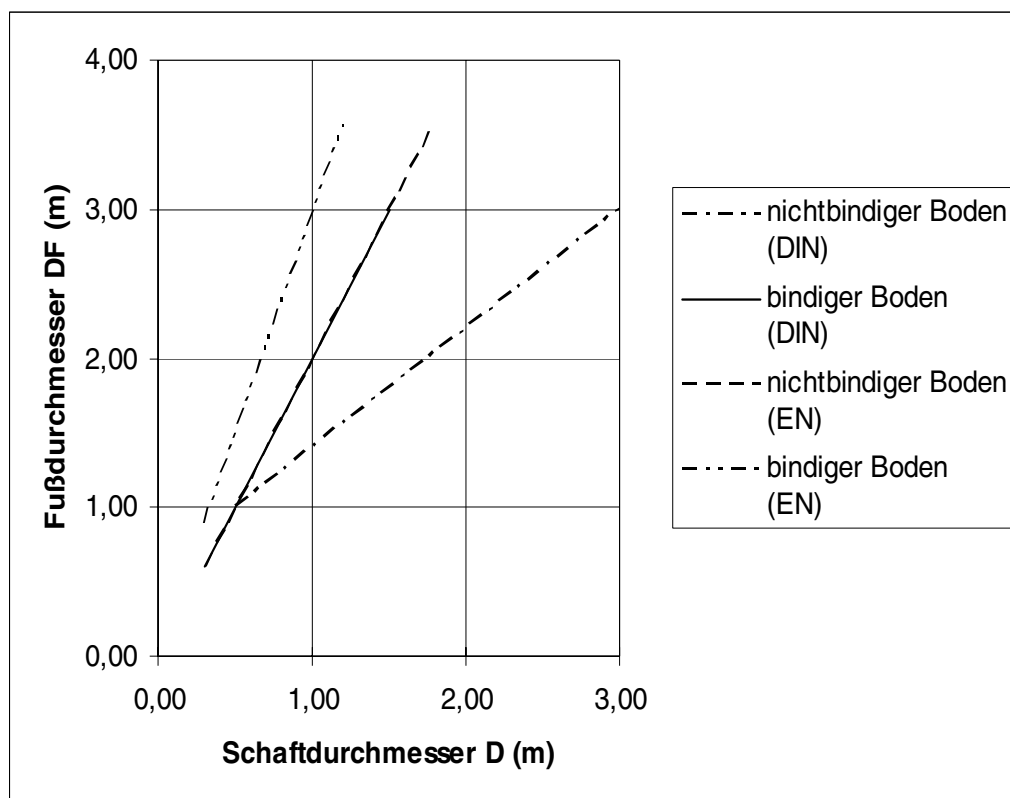


Abb. 1: Vergleich DIN 4014 und EN 1536 Beschränkung der Pfahlfußaufweitung

Die Anforderungen der EN 1536 [1] für den Einsatz des unverrohrten Bohrens mit durchgehender Bohrschnecke (Schneckenbohrpfähle) wurden verschärft. So muss jetzt bei instabilen Bodenschichten mit einer Mächtigkeit von mehr als dem Pfahldurchmesser die Machbarkeit des Verfahrens durch Probepfähle oder örtliche Erfahrungen nachgewiesen werden. Als instabil sind anzusehen:

1. gleichförmige nichtbindige Böden mit $d_{60}/d_{10} < 1,5$ ($\cong U < 1,5$), bisher $U < 3$
2. lockere nichtbindige Böden mit einer Lagerungsdichte $D < 0,3$
3. Tone hoher Empfindlichkeit
4. weiche binde Böden mit einer undrainierten Scherfestigkeit von $C_U < 15\text{kPa}$

Die EN 12699 Verdrängungspfähle [3] beinhaltet nicht mehr nur vorgefertigte Pfähle, sondern alle Arten, die ohne Aushub oder Entfernen von Boden hergestellt werden. Die Einordnung in die Norm erfolgt nicht mehr nach der Einbringungsart. Die Pfähle können gerammt, gerüttelt, gepresst, drehend oder mit einer Kombination dieser Verfahren in den Boden eingebracht werden. Die Tragelemente können vorgefertigt, am Ort hergestellt oder kombiniert hergestellt werden. Der minimale Pfahldurchmesser beträgt 15 cm.

Sowohl in der EN 1536 [1] als auch in der EN 12699 [3] erfolgt keine Festlegung einer Mindestpfahlänge.

2.2 Pfahlversuche

Die Pfahlversuche (Probebelastungen) können sowohl statisch als auch dynamisch ausgeführt werden. Bei statischen Probebelastungen ist die Last, bzw. die Verschiebung konstant zu halten. D.h. dass die bisher noch weit verbreitete Praxis den Pfahl nach dem Aufbringen einer Last zur Ruhe kommen zu lassen, wobei ein Absinken der Last in Kauf genommen wird, ist nach den neuen Normen nicht mehr gestattet. Hinweise zur Durchführung von Probebelastungen enthält auch die Empfehlung des AK 2.1 der DGGT [7] aus dem Jahr 1998.

2.3 Notwendige Informationen

Der Absatz 4 der Normen „Voraussetzungen für die Herstellung von Bohrpfählen“, bzw. „Notwendige Informationen“ ist neu in die Normen aufgenommen worden.

Er fordert die Übergabe der aller notwendigen Informationen schon mit den Ausschreibungsunterlagen. Die EN 1536 [1] formuliert den nächsten Satz eindeutiger als die EN 12699 [3], hier heißt es, dass die Informationen „Vor Beginn der Bauarbeiten auf der Baustelle verfügbar sein“ sollen:

1. Baugrundgutachten
2. Entwurfspläne und Leistungsbeschreibung
3. vorliegende topographische Angaben
4. Baustellenverhältnisse
5. Umweltbedingungen und –beschränkungen
6. Sonstiges (z.B. Gründungen angrenzender Gebäude, Leitungen usw.)

2.4 Baugrunduntersuchung

Es gelten die allgemeinen Anforderungen der ENV 1997-1:1994 [5] (Eurocode 7).

Im Weiteren werden ergänzende Anforderungen und Empfehlungen in wesentlich ausführlicherer Form gemacht. In der EN 12699 [3] werden z.B. folgende Angaben empfohlen:

1. Geländehöhen
2. Vorhandensein lockerer oder weicher Böden und der Kennwerte
3. Vorhandensein von Steinen und Blöcken oder anderen natürlichen oder künstlichen Hindernissen
4. Mächtigkeit und Höhenlage von weichen Schichten unter der tragenden Schicht und der Kennwerte
5. Grundwasserstände und deren Schwankungen, einschließlich Angaben über gespanntes Grundwasser oder Quellen
6. Sämtliche Schichten mit hoher Grundwasserfließgeschwindigkeit
7. Aggressivität von Grundwasser oder Baugrund
8. Höhenlage, Streichen und Fallen aller maßgeblichen Felsformationen

9. Mächtigkeit und Ausdehnung von verwittertem Gestein
10. Vorhandensein, Ausdehnung und Mächtigkeit von kontaminierten Böden oder Abfällen

2.5 Baustoffe und Bauprodukte

Für Fertigpfähle gelten die EN 12794 [8] (Betonfertigpfähle), sowie ENV 1993-5 [9] (Stahlpfähle).

Für Ortbetonpfähle der EN 12699 [3] gelten für die Verwendung von Beton die folgenden Anforderungen der EN 1536 [1]:

1. Für alle Durchmesser darf ein Beton der Güte C 30/37 (B 35) verwendet werden.
2. Falls es die Bemessung erfordert, bzw. die Baugrundverhältnisse es erlauben, kann auch ein Beton höherer Güte verwendet werden.
3. Die Zementgehalte und Konsistenzen der Betone werden anhand der Herstellbedingungen festgelegt (Abb. 2 + 3).
4. Die Anzahl der Probewürfel wurde vergrößert, kann aber im Rahmen einer durchgehenden zertifizierten Qualitätssicherung abweichend vereinbart werden.

Zementgehalt:	
- Einbringen im Trocknen	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
- Einbringen unter Wasser	$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Wasserzementwert (W/Z)	< 0,6
Feinstkornanteil $d < 0,125 \text{ mm}$ (einschl. Zement)	
- Größtkorn $d > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
- Größtkorn $d \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

Abb. 2: Betonzusammensetzung

Ausbreitmaß mm	Absetzmaß (Slump) mm	Typische Anwendungsbedingungen (Beispiele)
$460 \leq \emptyset \leq 530$	$130 \leq H \leq 180$	- Betonieren im Trockenen
$530 \leq \emptyset \leq 600$	$H \geq 160$	- Pumpbeton oder - mit Kontraktorrohren eingebrachter Unterwasser- beton
$570 \leq \emptyset \leq 630$	$H \geq 180$	- mit Kontraktorverfahren unter Stützflüssigkeit eingebrachter Beton
Anmerkung: Das gemessene Ausbreitmaß (\emptyset) oder Absetzmaß ist auf 10 mm zu runden		

Abb. 3: Konsistenzbereich für Frischbeton bei unterschiedlichen Bedingungen

Bei Ausführung unverrohrter Bohrpfähle mit Stützflüssigkeit ist die Herstellung, das Vorhalten und die Kontrolle der Betonitsuspensionen in Übereinstimmung mit EN 1538 [10] durchzuführen. Die Eigenschaften der Suspension muss den Werten der Abb. 4 entsprechen.

	Einheit	Betonitsuspension		
		frisch	Vor der Wiederverwendung	Vor dem Betonieren
Dichte	g/cm ³	< 1,10	-	< 1,15
Viskosität (Marsh-Zeit)	s	32 bis 50	32 bis 60	32 bis 50
Filterwasserabgabe	cm ³	< 30	< 50	-
pH-Wert		7 bis 11	7 bis 12	-
Sandgehalt	% (Massenanteil)	-	-	< 4
-: keine Festlegung				

Abb. 4: Eigenschaften für Betonitsuspensionen

2.6 Entwurf und Bemessung

Beim Entwurf von Pfahlgründungen sind in Zukunft größere Abweichungen aus der Solllage und Neigungsabweichungen zu berücksichtigen:

1. Lageabweichung in Höhe der Arbeitsebene $e = 10 \text{ cm}$, bzw. 15 cm
(Bohrpfähle $d \geq 1,00 \text{ m}$)
2. Neigungsabweichung $\leq 4 \text{ cm/m}$

Die Normen fordern nur die Herstellung der Pfähle innerhalb dieser Toleranz.

Dies bedeutet, dass bereits im Entwurf das Tragwerk und das Pfahlssystem aufeinander abgestimmt werden müssen, um die wirtschaftlichste Variante zu finden. Hierfür ist es erforderlich, dass der Tragwerksplaner die Besonderheiten der einzelnen Systeme kennt und sie auch preislich bewerten kann. Letztendlich kann dies nur über eine enge Zusammenarbeit zwischen Tragwerksplaner und Pfahlhersteller erzielt werden.

Ortbetonpfähle können unbewehrt hergestellt werden, wenn nur Drucklasten auftreten. Für unplanmäßige Lasten ist eine Mindestbewehrung (Abb. 5)

vorgesehen, die als Kopfbewehrung ausgeführt werden kann.

Der lichte Mindestabstand der Längsbewehrung beträgt 10 cm.

Die Mindestbetondeckung der Ortbetonpfähle nach EN 12699 [3] wurde der EN 1536 [1] angepasst und beträgt jetzt 50 mm. Für Bohrpfähle mit einem Schaftdurchmesser $d > 60$ cm wurde die Mindestbetondeckung auf 60 mm vergrößert.

Nennquerschnitt des Pfahles: A_C	Querschnittfläche der Längsbewehrung: A_S
$A_C \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_S \geq 0,5 \% A_C$
$0,5 \text{ m}^2 < A_C \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_S \geq 0,0025 \text{ m}^2$
$A_C > 1,0 \text{ m}^2$	$A_S \geq 0,25 \% A_C$

Abb. 5: Mindestlängsbewehrung

2.7 Ausführung

Im Abschnitt 7.4 der EN 12699 [3] wird gefordert, dass die Herstellreihenfolge aufgrund der Bodenverdrängung vorab festzulegen ist. Der Abschnitt 8.12 verschärft diese Forderung, in dem er die Übereinstimmung mit der Planung festgelegt. Wollte man den Buchstaben der Norm folgen müssten alle Projektbeteiligten frühzeitig die einzelnen Arbeitsabläufe abstimmen. Die Herstellung der Pfähle müsste dann ohne Änderung in der Planung bzw. Störung im Bauablauf erfolgen. Dies ist sicherlich nicht möglich und es ist sicherlich auch nicht erforderlich die komplette Herstellreihenfolge vorab festzulegen. Die Festlegung der Herstellreihenfolge während der Ausführung unter Berücksichtigung der Baustellenverhältnissen und der Planung, wie es z.Zt. Praxis ist, ist sicherlich ausreichend um eine Beschädigung hergestellter Pfähle zu vermeiden.

In weichen Böden müssen die Abstände zwischen Ortbetonpfählen nach EN 12699 [3], deren Beton noch keine ausreichende Festigkeit aufweist, mindestens dem 6fachen Pfahldurchmesser entsprechen. Für Böden mit einem C_{uk} -Wert < 50 kPa sind im Bild 6 die erforderlichen Abstände angegeben.

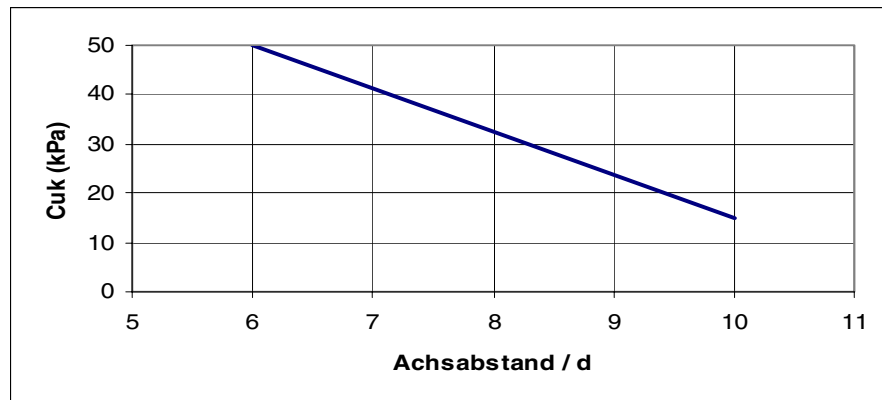


Abb. 6: Mindestabstand von frisch hergestellten Verdrängungspfählen ohne verbleibende Verrohrung in weichen Böden

Für Bohrpfähle, die unverroht hergestellt werden, ist die Neigung auf 15:1 beschränkt worden.

3 Zusammenfassung

Auch wenn die vorliegenden Normen in einzelnen Punkten noch zu verbessern sind, besitzen sie einen großen Bezug zur Praxis. Sie bieten Ingenieuren und Architekten, die sich nicht permanent mit Pfahlgründungen befassen, einen guten Überblick über die Dinge die bei einer Pfahlherstellung zu berücksichtigen sind. Auch wenn die Normen sehr ins Detail gehen wird den Pfahlherstellern auf der anderen Seite aber genügend Freiraum gelassen. Wobei die Art der Pfahlgründung jetzt verstärkt beim Entwurf des Tragwerkes berücksichtigt werden muss, um wirtschaftlich bauen zu können und bei der Ausführung keine unnötigen Verzögerungen zu riskieren. Dies kann nur über eine enge Zusammenarbeit zwischen Planer und Ausführenden erreicht werden.

4 Literatur

- [1] EN 1536 (1999): Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) Bohrpfähle
- [2] DIN 4014 (1990): Bohrpfähle, Herstellung, Bemessung und Tragverhalten
- [3] EN 12699 (2001): Ausführung spezieller geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) Verdrängungspfähle
- [4] DIN 4026 (1975): Rammfähle, Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung
- [5] ENV 1997-1 (1994): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 : Allgemeine Regeln
- [6] EDIN 1054 (2000): Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- [7] Empfehlung des AK 2.1 der DGGT (1998): Empfehlungen für statische und dynamische Probelastungen von Pfählen
- [8] prEN 12794 (1997): Vorgefertigte Gründungspfähle aus Beton
- [9] ENV 1993-5 (1993): Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 5: Pfähle und Spundwände
- [10] EN 1538 (1998): Ausführung spezieller geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) Schlitzwände

Dipl.-Ing. T. Garbers

Dipl.-Ing. W. Brieke

Franki Grundbau GmbH

Hittfelder Kirchweg 24-28

21220 Seevetal