

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)

Bohrpfähle

Deutsche Fassung EN 1536 : 1999

DIN**EN 1536**

ICS 93.020

Teilweise Ersatz für
DIN 4014 : 1990-03Execution of special geotechnical works – Bored piles;
German version EN 1536 : 1999Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux forés;
Version allemande EN 1536 : 1999**Die Europäische Norm EN 1536 : 1999 hat den Status einer Deutschen Norm.****Nationales Vorwort**

Die Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ (Sekretariat: Frankreich, Vorsitz: Deutschland) in der Arbeitsgruppe WG 3 „Bohrpfähle“ unter deutscher Federführung erarbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist hierfür der NABau-Arbeitsausschuß 05.07.00 „Baugrund; Pfähle“ zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN 4014 : 1990-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Grundlegende Überarbeitung unter den Gesichtspunkten einer Europäischen Harmonisierung,
- b) Berücksichtigung der Eurocodes,
- c) Erweiterung auf Bohrpfahlwände,
- d) Berücksichtigung neuer Ausführungstechniken und
- e) Einführung einer detaillierten Ausführungsüberwachung.

Frühere Ausgaben

DIN 4014: 1960-12, 1969-11

DIN 4014-1: 1975-08

DIN 4014-2: 1977-09

DIN 4014: 1990-03

Fortsetzung 50 Seiten EN

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)

Bohrpfähle

Execution of special geotechnical works – Bored piles

Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux forés

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1. Juni 1997 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	8.1.2 Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge	15
1 Anwendungsbereich	3	8.1.3 Verrohrtes Bohren	15
2 Normative Verweisungen	5	8.1.4 Aushub unter Stützflüssigkeit	16
3 Definitionen	6	8.1.5 Bohren mit durchgehender Bohrschnecke	16
4 Voraussetzungen für die Herstellung von Bohrpfählen	7	8.1.6 Ungestütztes Bohren	17
5 Baugrunduntersuchung	8	8.1.7 Querschnittsaufweitungen	17
5.1 Allgemeines	8	8.2 Bewehrung	17
5.2 Besondere Anforderungen	8	8.2.1 Allgemeines	17
6 Baustoffe und Bauprodukte	9	8.2.2 Bewehrungsstöße	17
6.1 Allgemeines	9	8.2.3 Biegen der Bewehrung	17
6.2 Ausgangsstoffe für Beton und Verpreßmörtel	9	8.2.4 Herstellung der Bewehrungskörbe	17
6.2.1 Zement	9	8.2.5 Abstandhalter	17
6.2.2 Zuschläge	9	8.2.6 Einbau der Bewehrung	18
6.2.3 Wasser	9	8.3 Betonieren	18
6.2.4 Zusatzstoffe und Zusatzmittel	9	8.3.1 Allgemeines	18
6.3 Ortbeton	9	8.3.2 Betonieren im Trockenen	19
6.3.1 Allgemeines	9	8.3.3 Betonieren unter Wasser	19
6.3.2 Mischen	10	8.3.4 Ziehen der Verrohrung	19
6.3.3 Probenahme und Prüfung	10	8.3.5 Bleibende Verrohrung oder Hülzen	20
6.4 Verpreßmörtel	10	8.3.6 Betonieren bei Pfahlherstellung mit durchgehender Bohrschnecke	20
6.5 Stützflüssigkeiten	11	8.3.7 Prepacked-Pfähle	20
6.5.1 Allgemeines	11	8.3.8 Verlust der Eintauchtiefe des Kontraktorrohres oder der Verrohrung	20
6.5.2 Bentonitsuspensionen	11	8.3.9 Pfähle mit Betonfertigteilen, Bewehrungsrohren oder bleibenden Verrohrungen	21
6.5.3 Polymere und andere Suspensionen	11	8.3.10 Äußeres Verpressen von Ortbetonpfählen ...	21
6.6 Stahl	11	8.4 Bohrpfahlwände	21
7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung	11	9 Aufsicht und Überwachung	21
7.1 Allgemeines	11	9.1 Aufsicht	21
7.2 Geometrische Herstellungstoleranzen	13	9.2 Überwachung der Pfahlherstellung	21
7.3 Bohrpfahlwände	13	9.3 Pfahlversuche	27
7.4 Bodenaushub	13	9.3.1 Allgemeines	27
7.5 Betonfertigteile	13	9.3.2 Axiale Probebelastungen	28
7.6 Bewehrung	13	10 Aufzeichnungen	28
7.6.1 Allgemeines	13	11 Besondere Anforderungen	29
7.6.2 Längsbewehrung	13	Anhang A (informativ) Glossar	32
7.6.3 Querbewehrung	14	Anhang B (informativ) Mustervordrucke	39
7.6.4 Betondeckung	14	Anhang C (informativ) Verbindlichkeit der Festlegungen	46
7.6.5 Rohre und Stahlprofile als Bewehrung	14		
8 Ausführung	14		
8.1 Aushub	14		
8.1.1 Allgemeines	14		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 1999, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 1999 zurückgezogen werden.

Das Ziel von TC 288 ist, die Ausführung geotechnischer Bauarbeiten (einschließlich der Versuchs- und Prüfmethode) und die erforderlichen Materialeigenschaften zu normen. Gemäß dem an WG 3 ergangenen Normungsauftrag behandelt diese Europäische Norm Bohrpfähle und Schlitzwandelemente, nicht jedoch „Klein-Bohrpfähle“ mit Durchmessern kleiner als 0,3 m.

Die Herstellung von Bohrpfählen, die in dieser Europäischen Norm nicht enthalten sind, sollte, soweit anwendbar, den allgemeinen Grundsätzen der Abschnitte dieser EN 1536 folgen.

Die vorliegende Europäische Norm wurde ausgearbeitet, um zusammen mit ENV 1997-1: „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“, zur Verfügung zu stehen. Abschnitt 7 „Hinweise zu Entwurf und Bemessung“ vorliegender Europäischer Norm befaßt sich nur dort mit Fragen der Bemessung, wo es aus Sicht der Ausführung

notwendig ist (z. B. Einzelheiten der Bewehrung), beinhaltet aber den vollen Umfang der Anforderungen für die Bauausführung und die Bauaufsicht.

Die vorliegende Europäische Norm wurde von einer Arbeitsgruppe mit Delegierten aus 11 Ländern vor einem Hintergrund von mehr als 30 bestehenden nationalen und internationalen Pfahlnormen und Ausführungsrichtlinien erarbeitet. Angesichts verschiedener Baumethoden, die international gebräuchlich sind, und der jeweiligen Erfahrungswerte kann es notwendig sein, diese Europäische Norm oder Teile davon durch ein Nationales Vorwort zu ergänzen, um ggf. besonderen oder örtlichen Gegebenheiten zu genügen.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Europäische Norm enthält allgemeine Grundlagen für die Herstellung von Pfählen,

- die durch Bodenaushub hergestellt werden und
- die ein tragendes Bauglied enthalten, um Einwirkungen zu übertragen und/oder Verformungen zu begrenzen.

1.2 Diese Europäische Norm gilt für

- Bohrpfähle mit kreisförmigem Querschnitt (siehe Bild 1) und für
- Bohrpfähle, die als Schlitzwandelement ausgebildet sind, unter der Voraussetzung, daß der Querschnitt in einem Arbeitsgang betoniert wird.

1.3 Die behandelten Querschnittsformen eines Schlitzwandelementes sind quadratisch, rechteckig, T- oder L-förmig oder ähnlich (siehe Bild 2).

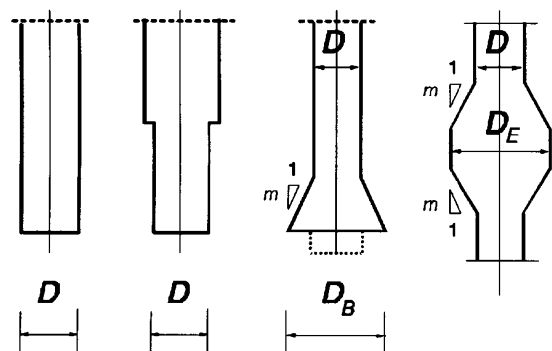
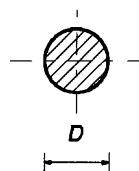
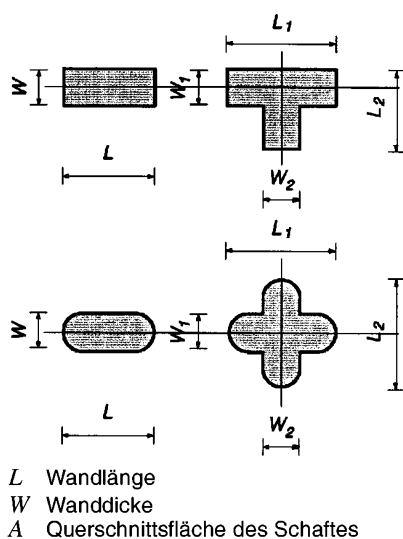


Bild 3: Beispiele von Pfählen mit gleichbleibendem Schaft und Pfählen mit Schaft- und Fußaufweitung



D Pfahldurchmesser

Bild 1: Kreisförmiger Bohrpfehl



L Wandlänge
W Wanddicke
A Querschnittsfläche des Schaftes

Bild 2: Beispiele für Schlitzwandelemente und Abmessungen

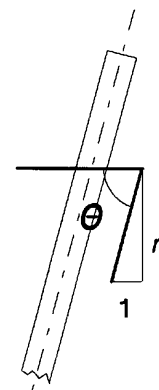


Bild 4: Definition der Pfahlneigung

1.4 Diese Europäische Norm gilt für Pfähle mit:

- konstantem Querschnitt (gleichbleibenden Schaftabmessungen);
- teleskopartig veränderlichen Schaftabmessungen;
- ausgehobener Fußaufweitung oder
- ausgehobener Schaftaufweitung

(siehe Bild 3).

ANMERKUNG: Die Gestalt des Pfahlfußes oder einer Fußaufweitung kann von dem für den Aushub benutzten Werkzeug abhängen.

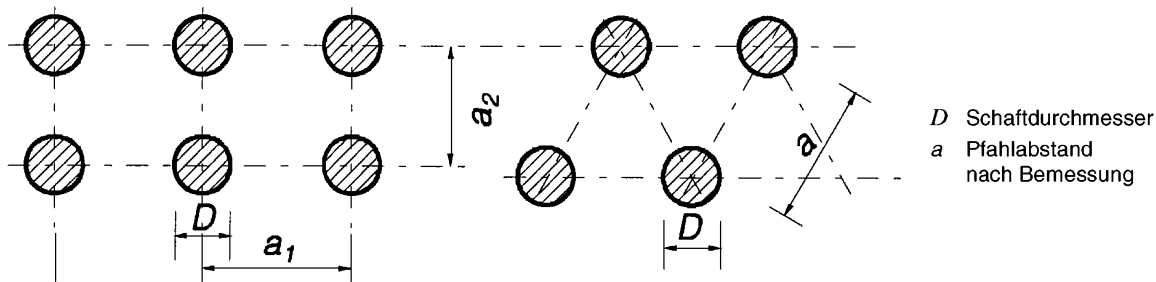


Bild 5: Beispiele für Pfahlgruppen

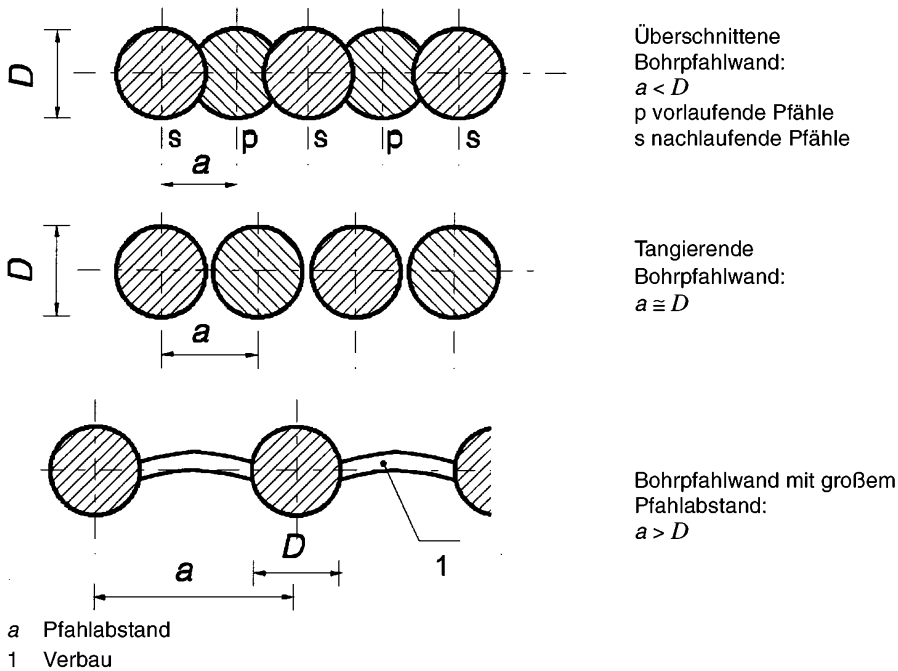


Bild 6: Beispiele für Bohrpfahlwände

1.5 Die Bestimmungen dieser Europäischen Norm beziehen sich auf Pfähle folgender Abmessungen:

- Schaftdurchmesser $0,3 \text{ m} \leq D \leq 3,0 \text{ m}$ (siehe Bild 1 und Bild 3);
- kleinste Seite eines örtlich betonierten Schlitzwandelementes: $W_i \geq 0,4 \text{ m}$ (siehe Bild 2);
- Verhältnis zwischen den Abmessungen: $L_i/W_i \leq 6$ mit: L_i als größte Abmessung des örtlich betonierten Schlitzwandelementes und W_i als kleinste Abmessung des örtlich betonierten Schlitzwandelementes (siehe Bild 2);
- kleinste Abmessung für Stahlbetonfertigteile, die in Schlitzwandelemente oder Pfähle eingebaut werden: $D_p \geq 0,3 \text{ m}$ bzw. $W_p \geq 0,3 \text{ m}$ mit: D_p als Durchmesser eines runden Fertigteiles; W_p als Dicke eines rechteckigen Fertigteiles;
- Neigung allgemein: $n \geq 4$ ($\Theta \geq 76^\circ$); (siehe Bild 4);
- Neigung bei Pfählen mit bleibender Verrohrung: $n \geq 3$ ($\Theta \geq 72^\circ$);
- Querschnittsfläche einer Fußaufweitung oder eines Schlitzwandelementes: $A \leq 10 \text{ m}^2$.

1.6 Schaft- oder Fußaufweitungen nach dieser Europäischen Norm sind:

- Fußaufweitungen in nichtbindigen Böden: $D_B/D \leq 2$ und in bindigen Böden: $D_B/D \leq 3$;
- Schaftaufweitungen in allen Böden: $D_E/D \leq 2$;
- Neigung der Aufweitung in nichtbindigen Böden: $m \geq 3$ und in bindigen Böden: $m \geq 1,5$

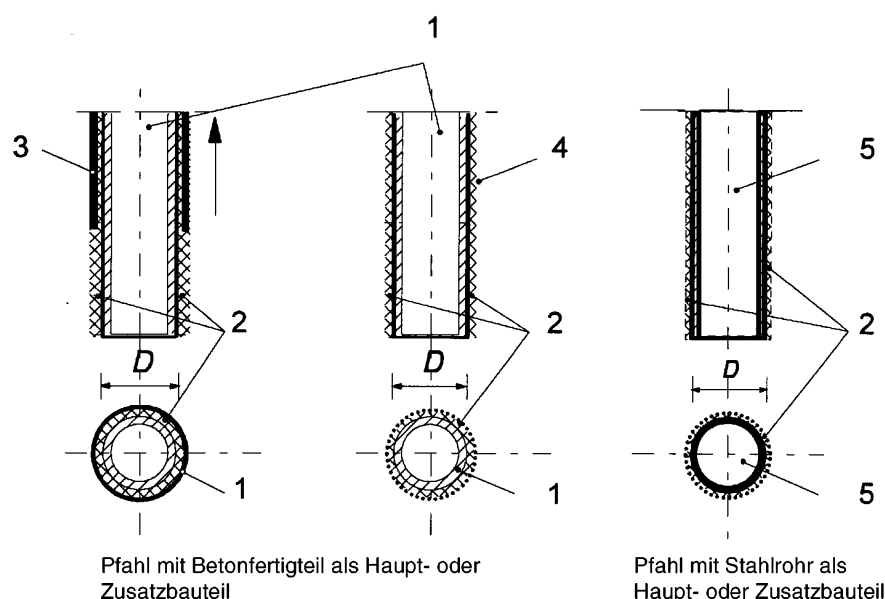
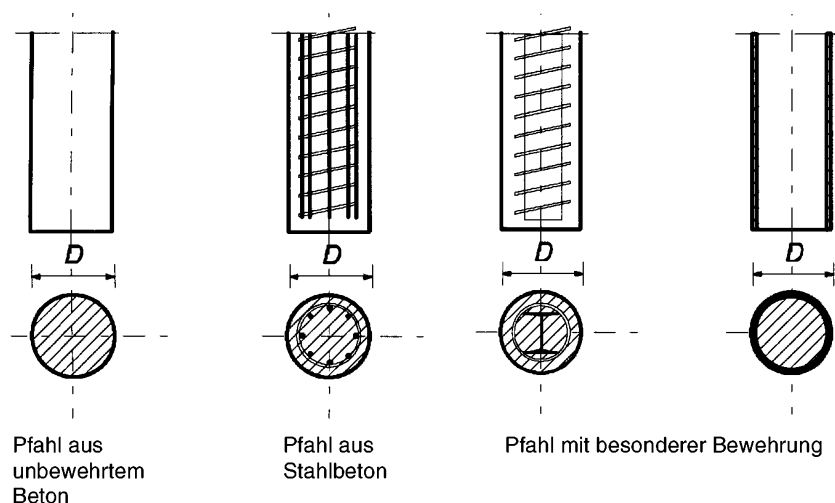
(siehe Bild 3).

1.7 Die Bestimmungen dieser Europäischen Norm gelten für:

- Einzelpfähle,
- Pfahlgruppen (siehe Bild 5),
- Bohrpfahlwände (siehe Bild 6).

1.8 Diese Europäische Norm gilt für Bohrungen, die durch kontinuierliche oder diskontinuierliche Aushubverfahren hergestellt werden, wobei die Bohrlochwände, soweit nötig, gestützt sind.

1.9 Diese Europäische Norm gilt nur für Herstellungsverfahren, die erlauben, die in der Bemessung vorgesehenen Querschnittsformen auszuführen.



- 1 Betonfertigteile
- 2 Verpreßmörtel
- 3 Vorübergehende Verrohrung (gezogen)
- 4 Unverrohrte Bohrung
- 5 Unbewehrter oder bewehrter Beton oder Verpreßmörtel
- D Schaftdurchmesser

Bild 7: Beispiele für Pfähle mit Kreisquerschnitten

1.10 Die Bestimmungen gelten für Pfähle mit tragendem Bauteil

- aus unbewehrtem Beton,
- aus Stahlbeton,
- aus Beton mit besonderer Bewehrung, wie Stahlrohre, Stahlprofile oder Stahlfasern,
- aus Betonfertigteilen (auch vorgespannten) oder Stahlrohren, bei denen der Ringspalt zwischen dem Fertigteile oder dem Rohr und dem Baugrund mit Beton, Zement oder Zement-Bentonit-Mörtel ausgefüllt wird

(siehe Bild 7).

1.11 Kleinbohrpfähle, Erdbetonsäulen (Mixed in place), Hochdruck-Bodenvermörtelungen, Bodenverbesserungen für Pfahlgründungen, Pfahlfüße aus Erdbeton und Schlitzwände sind nicht Gegenstand dieser Europäischen Norm.

2 Normative Verweisungen

ANMERKUNG 1: Diese Europäische Norm enthält Festlegungen aus anderen Publikationen in Form undatierter Verweisungen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

ANMERKUNG 2: Ausnahmsweise enthält die Liste der normativen Verweisungen auch Europäische Normen und Vorschriften, die sich z. Z. noch im Entwurfszustand befinden. Wenn eine dieser Vorschriften Europäische Norm geworden ist, ist die Verweisung zu überprüfen.

2.1 Anwender dieser Europäischen Norm haben sich zu vergewissern, daß Normen und andere Veröffentlichungen, auf die verwiesen wird, gültige Ausgaben sind und daß sie mit den hier zitierten Fassungen vereinbar sind.

2.2 Liste der Dokumente, auf die im Text normativ verwiesen wird:

ENV 197-1 : 1992

Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien – Teil 1: Allgemein gebräuchlicher Zement

ENV 206 : 1990

Beton – Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis

EN 791 : 1996

Bohrgeräte – Sicherheit

prEN 1008 : 1997

Zugabewasser für Beton – Festlegungen für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich Restwasser aus Wiederaufbereitungsanlagen der Betonherstellung als Zugabewasser für Beton

EN 1538 : 1998

Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) – Schlitzwände

ENV 1991-1 : 1994

Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung

ENV 1992-1-1 : 1991

Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau

ENV 1994-1-1 : 1992

Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Regeln für den Hochbau

ENV 1997-1 : 1994

Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln

EN 10025 : 1990

Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen – Technische Lieferbedingungen

ENV 10080 : 1995

Betonbewehrungsstahl – schweißgeeigneter gerippter Betonstahl B 500, technische Lieferbedingungen für Stäbe, Ringe und geschweißte Matten

EN 10210-1 : 1994

Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen

prEN 12620 : 1996

Gesteinskörnung für Beton einschließlich Beton für Straßen und Deckschichten

3 Definitionen

Die folgenden Definitionen werden für die Herstellung der in dieser Europäischen Norm behandelten Bohrpfähle verwendet. Zusätzliche Erläuterungen von Begriffen der Bohrpfahlerstellung sind im Anhang A angegeben. Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Definitionen.

3.1 Pfahl

en: pile
fr: pieu

Schlankes Bauelement im Baugrund zum Übertragen von Einwirkungen. Für die Anwendung dieser Europäischen Norm ist die Schlankheit nicht begrenzt.

3.2 Bohrpfahl

en: bored pile
fr: pieu foré

Pfahl, der im Baugrund mit oder ohne Verrohrung durch Bohren bzw. Aushub und Verfüllen des geschaffenen Hohlraumes mit Beton oder Stahlbeton hergestellt wird.

3.3 Schlitzwandelement

en: barrette
fr: barrette

Meist kurzer Abschnitt einer Schlitzwand oder eine Anzahl sich überschneidender, gleichzeitig betonierter Schlitzwandlamellen (z. B. in L-, T- oder Kreuzform), um Längs- und/oder Querkräfte aufzunehmen.

3.4 Druckpfahl

en: compression pile
fr: pieu en compression
Pfahl zur Aufnahme von Druckkräften.

3.5 Schneckenbohrpfahl

en: continuous flight auger pile (CFA-pile)
fr: pieu à la tarière continue creuse (CFA)

Bohrpfahl, der mittels einer durchgehenden Bohrschnecke mit Seelenrohr hergestellt wird, wobei beim Ziehen der Schnecke durch das Seelenrohr Beton oder Mörtel gepumpt wird (siehe Bild A.9).

3.6 Spitzendruckpfahl

en: end bearing pile
fr: pieu travaillant en pointe

Pfahl, der die Lasten hauptsächlich über den Pfahlfuß in den Baugrund leitet.

3.7 Fußaufweitung

en: enlarged base
fr: base élargie

Fuß eines Pfahls, der so ausgebildet ist, daß seine Fläche größer als die Pfahlschaftfläche ist. Bei Bohrpfählen wird eine Fußaufweitung üblicherweise mit besonderem Räum- oder Schneidwerkzeug hergestellt (siehe Bild 3).

3.8 Reibungspfahl

en: friction pile
fr: pieu flottant

Pfahl, der Einwirkungen vor allem über Mantelreibung und Adhäsion in den angrenzenden Baugrund überträgt.

3.9 Prepacked-Pfahl

en: prepacked pile
fr: pieu ballasté injecté

Pfahl, bei dem das gesamte Bohrloch mit grobem Zuschlag verfüllt und anschließend mit Zementmörtel vom Pfahlfuß her verpreßt wird.

3.10 Pfahldurchmesser

en: shaft diameter
fr: diamètre du fût

Durchmesser des Pfahles im Bereich zwischen Pfahlkopf und Pfahlsohle:

- a) bei verrohrt hergestellten Bohrpfählen der äußere Durchmesser der Verrohrung;
- b) bei unverrohrt hergestellten Bohrpfählen gleich dem größten Durchmesser des Bohrwerkzeuges.

3.11 Zugpfahl

en: tension pile
fr: pieu en traction
Pfahl zur Aufnahme von Zugkräften.

3.12 Probepfahl (1)

en: preliminary pile
fr: pieu préliminaire
Pfahl, der vor Beginn der eigentlichen Pfahlausführung auf der Baustelle oder in einem Bauabschnitt hergestellt wird, um die Eignung des gewählten Pfahlsystems zu überprüfen und/oder um den Entwurf, die Abmessungen und die Tragfähigkeit zu bestätigen.

3.13 Probepfahl (2)

en: trial pile
fr: pieu de faisabilité
Pfahl, der hergestellt wird, um die Durchführbarkeit und die Eignung des Herstellungsverfahrens für eine spezielle Anwendung zu untersuchen.

3.14 Probepfahl (3)

en: test pile
fr: pieu d'essai
Pfahl, auf den Lasten aufgebracht werden, um das Widerstands-Verformungs-Verhalten des Pfahles und des umgebenden Baugrundes zu ermitteln.

3.15 Bauwerkspfahl

en: working pile
fr: pieu de fondation
Pfahl für die Gründung eines Bauwerkes.

3.16 statische Probelastung

en: static pile test
fr: essai de chargement statique de pieu
Belastungsversuch, bei dem ein Pfahl zur Ermittlung seiner Tragfähigkeit am Pfahlkopf angreifenden, vorherbestimmten axialen und/oder seitlichen Kräften unterworfen wird.

3.17 lastgesteuerte Probelastung

en: maintained load pile test
fr: essai de chargement par palier
Statische Probelastung, bei der ein Versuchspfahl in steigenden Laststufen beansprucht wird, die entweder jeweils eine bestimmte Zeitdauer oder solange konstant gehalten werden, bis die Pfahlbewegung nahezu beendet ist oder auf ein vorgegebenes Maß abgeklungen ist.

3.18 weggesteuerte Probelastung

en: constant rate of penetration test
fr: essai de chargement à vitesse d'enfoncement constante
Statische Probelastung, bei der ein Probepfahl mit konstanter Eindringgeschwindigkeit in den Boden gedrückt und die hierfür nötige Kraft gemessen wird.

3.19 dynamischer Pfahlversuch

en: dynamic pile test
fr: essai de chargement dynamique de pieu
Belastungsversuch, bei dem ein Pfahl zur Abschätzung seiner Tragfähigkeit am Pfahlkopf dynamisch beansprucht wird.

3.20 Integritätsprüfung

en: integrity test
fr: essai d'intégrité
Versuch, der an einem fertiggestellten Pfahl zum Nachweis der Mängelfreiheit des eingebrachten Materials und der Geometrie des Pfahles durchgeführt wird.

3.21 Ultraschallversuch

en: sonic test
fr: essai d'auscultation sonique par réflexion
Integritätsprüfung eines Pfahles, bei der eine Serie von Schallwellen von einem Sender durch den Pfahlbeton zu einem Empfänger geschickt wird und dabei die Charakteristika der empfangenen Wellen gemessen und dazu benutzt werden, auf die Kontinuität des Pfahlschaftes und auf Querschnittsänderungen zu schließen.

3.22 Ultraschallversuch im Pfahl

en: sonic coring
fr: essai d'auscultation sonique par transparence
Integritätsprüfung des Pfahlbetons mittels Ultraschall, die von Kernbohrungen oder Meßrohren im Pfahlschaft ausgeführt wird.

4 Voraussetzungen für die Herstellung von Bohrpfählen

4.1 Alle für die Durchführung der Bauarbeiten wichtigen Informationen sollten:

- a) mit den Ausschreibungsunterlagen zur Verfügung gestellt werden;
- b) vor Beginn der Bauarbeiten auf der Baustelle verfügbar sein und
- c) folgendes umfassen:
 - die geotechnischen Informationen (siehe Abschnitt 5);
 - die Baustellenverhältnisse, (z. B. Größe, Baugrenzen, Topographie, Geländeneigung, Zugang, Beschränkungen);
 - Vorhandensein, Lage und Zustand angrenzender Bauwerke, (z. B. Gebäude, Straßen, Ver- und Entsorgungsleitungen), unterirdische Bauten und Fundamente, historische Bauwerksreste, Höhenbeschränkungen (z. B. Freileitungen);
 - Kontaminationen des Baugrundes oder Gefahren, die sich auf das Ausföhrungsverfahren, die Arbeitssicherheit oder die Beseitigung des Aushubmaterials von der Baustelle auswirken können;
 - Einschränkungen aus Umweltschutzgründen (z. B. hinsichtlich Lärm, Erschütterungen oder Verschmutzungen) sowie rechtliche oder gesetzliche Einschränkungen;
 - die Entwurfspläne und die Leistungsbeschreibung;
 - alle nötigen oder wichtigen Informationen zur Fertigung der Ausführungspläne und der Verfahrensbeschreibungen (sofern gefordert);
 - frühere Erfahrungen mit Bohrpfählen oder anderen Gründungsarten oder geotechnischen Arbeiten auf dem betreffenden oder benachbarten Grundstücken;
 - gleichzeitige Arbeiten, die die Bauarbeiten beeinflussen können (z. B. Grundwasserhaltungen, Tunnelbau, tiefe Baugruben);
 - zusätzliche Anforderungen für die Kontrolle, Überwachung oder Überprüfung der Arbeiten;
 - technische Anforderungen an die Wasserdichtigkeit der Fugen von Bohrpfahlwänden;
 - Angabe der Bau-Hauptachsen zum Abstecken.

4.2 Notwendigkeit, Umfang, Durchführung und Verantwortlichkeit für die Beweissicherung an benachbarten Bauten, Straßen, Ver- und Entsorgungsleitungen usw. sind festzulegen. Die Beweissicherung ist vor Beginn der Bauarbeiten durchzuführen und hat vorzuliegen.

4.3 Damit die Bohrpfahlarbeiten mit dieser Europäischen Norm übereinstimmen, sind die Kriterien und Anforderungen der folgenden Abschnitte zu beachten. Für die Kontrolle und Überwachung ist ein geeignetes System zur Qualitätskontrolle einzurichten.

4.4 Alle zusätzlichen oder abweichenden Anforderungen, die in dieser Europäischen Norm erlaubt sind, sind festzulegen und vor Beginn der Bauarbeiten zu vereinbaren, und das System zur Qualitätskontrolle ist entsprechend anzupassen.

BEISPIELE: Solche zusätzlichen Anforderungen können sich ergeben aus:

- reduzierten oder vergrößerten geometrischen Herstellungsabweichungen;
- Verwendung anderer oder veränderter Baustoffe;
- Verwendung von Fertigbetonteilen;
- besonderer Verankerung oder Verdübelung von Pfählen in Fels;
- besonderer Bewehrung, wie Stahlrohre, Stahlprofile oder Stahlfasern;
- Mantel- oder Fußverpressungen;
- Kappen der Pfahlköpfe mit mechanischem Gerät;
- umfangreichem Handaushub.

5 Baugrunduntersuchung

5.1 Allgemeines

ANMERKUNG: Für die allgemeinen Anforderungen an die Baugrunduntersuchung gelten ENV 1997-1, Abschnitte 3 und 7 sowie die Anforderungen der nationalen Regelwerke (solange keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen). Dieser Abschnitt enthält ergänzende Anforderungen und Empfehlungen.

5.1.1 Die Baugrunduntersuchung muß ausreichend tief sein, daß alle Baugrundformationen und Schichten, die das Bauwerk und die Herstellung beeinflussen, festgestellt und daß die Tragfähigkeits- und die Verformungseigenschaften des Baugrundes erkannt werden.

5.1.2 Der Umfang der Baugrunduntersuchung muß für die Bestimmung der charakteristischen Baugrundverhältnisse nach den Anforderungen von ENV 1997-1 ausreichen.

5.1.3 Wenn geotechnische Kategorien nach ENV 1997-1 für das Gründungsprojekt angewendet werden, sind, je nach Situation, die Kategorien 2 oder 3 zugrunde zu legen.

5.1.4 Falls an der Standfestigkeit eines Bohrloches Zweifel bestehen, sollte eine Versuchsbohrung mit entsprechenden Abmessungen ausgeführt werden.

5.1.5 Bei der Festlegung des Umfanges der Baugrunduntersuchung sollten wichtige Erfahrungen bei der Ausführung von vergleichbaren Gründungsarbeiten unter ähnlichen Verhältnissen und/oder in der Umgebung der Baustelle berücksichtigt werden.

5.1.6 Die Übertragung einschlägiger Erfahrungen ist gestattet, wenn geeignete Mittel zur Bestätigung angewendet werden (z.B. Sondierungen, Pressiometer-Versuche oder andere Versuche).

5.1.7 Das Baugrundgutachten ist mit allen relevanten Angaben zur Verfügung zu stellen, die sich auf die Wahl des Verfahrens und die Ausführung von Pfählen auswirken können.

5.1.8 Bohrlöcher sind in geeigneter Weise so hoch wieder zu verfüllen, daß eine folgende Pfahlherstellung und das Tragverhalten der Pfähle nicht beeinträchtigt werden.

5.2 Besondere Anforderungen

5.2.1 Neben der allgemeinen geologischen Beschreibung und den in ENV 1997-1 aufgelisteten Einzelheiten, hat das Baugrundgutachten folgende Informationen zu enthalten:

- a) die Geländehöhe bezogen auf Normalnull (NN) oder einen festgelegten Bezugspunkt an allen Stellen, an denen Untersuchungen oder Versuche durchgeführt wurden;
- b) Vorkommen und Eigenschaften von lockerem oder weichem Boden oder von Baugrund, der sich während des Aushubs ungünstig verändern kann;
- c) Vorkommen von Boden- oder Gesteinsschichten, die zum Schwellen neigen;
- d) Vorkommen von grobkörnigen Böden mit offener Struktur (großer Durchlässigkeit) oder von Hohlräumen, die einen plötzlichen Verlust der Stützflüssigkeit oder ein plötzliches Absacken des Betons während des Einbringens verursachen können;
- e) Vorkommen von Steinen oder Blöcken oder anderen unterirdischen Hindernissen, die beim Aushub Schwierigkeiten bereiten können oder besondere Verfahren oder Werkzeuge für die Durchörterung oder Beseitigung erfordern;
- f) Mächtigkeiten aller tragfähigen Schichten;
- g) Vorkommen, Ausdehnung und Mächtigkeit aller Schichten, die empfindlich auf Wasser oder Beanspruchung durch Bohrwerkzeuge (z.B. Stoß, Erschütterung oder Schwingungen) reagieren können;
- h) Grundwasserstände und deren Schwankungen, einschließlich von gespanntem Grundwasser;
- i) Baugrundsichten, in denen hohe Grundwassergeschwindigkeit herrscht;
- j) Aggressivität von Grundwasser oder Baugrund, die die Eigenschaften der Stützflüssigkeit oder des frischen oder erhärteten Betons beeinträchtigen kann (siehe ENV 206);
- k) Teufe, Streichen und Fallen aller relevanten Felsformationen;
- l) Mächtigkeit und Ausdehnung von verwittertem Gestein;
- m) Art und Qualität des Gesteins, besonders:
 - 1) Festigkeit,
 - 2) Verwitterungszustand,
 - 3) Hohlräume,
 - 4) gefüllte oder offene Klüfte/Fugen,
 - 5) Schwächezonen;
- n) Vorkommen, Ausdehnung, Mächtigkeit und Art von kontaminiertem Boden oder Abfall, der die Entsorgung des Aushubmaterials beeinflussen kann;
- o) Bergbau unterhalb der Baustelle und
- p) Standsicherheitsprobleme im Bereich der Baustelle.

5.2.2 Wenn Pfähle ihre Lasten hauptsächlich über Spitzenwiderstand übertragen, ist durch die Baugrunduntersuchung nachzuweisen, daß keine weiche Schicht unmittelbar unter einer als tragfähig eingestuft Schicht liegt, falls die Möglichkeit des Durchstanzens besteht.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 Alle Baustoffe und Bauprodukte für Bohrpfähle müssen den betreffenden Europäischen Normen (oder, soweit anwendbar und solange keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen, den nationalen Normen) und der Leistungsbeschreibung für das Bauwerk entsprechen.

6.1.2 Die Bezugsquellen der Baustoffe sind zu dokumentieren und dürfen nicht ohne vorherige Benachrichtigung gewechselt werden.

6.1.3 Abgelehnte Baustoffe sind unverzüglich von der Baustelle zu entfernen.

6.2 Ausgangsstoffe für Beton und Verpreßmörtel

6.2.1 Zement

6.2.1.1 Zement für Bohrpfähle muß zu folgenden Typen nach ENV 197-1, 5.1 gehören:

- Portlandzement CEM I;
- Portlandhüttenzement CEM II/A-S und II/B-S;
- Portlandsilicastaubzement CEM II/A-D;
- Portlandflugaschezement CEM II/A-V und II/B-V;
- Hochofenzement CEM III/A, III/B und III/C.

6.2.1.2 Andere Zementarten dürfen verwendet werden, wenn sie in der Leistungsbeschreibung verlangt werden und sich für die betreffenden Verhältnisse bewährt haben.

6.2.1.3 Tonerdeschmelzzement darf nicht verwendet werden.

6.2.1.4 Die Verwendung von Zement mit Zusatzstoffen (Typ II) sollte bevorzugt werden, da sich diese vorteilhaft auf den Beton auswirken, z. B. durch

- verbesserte Verarbeitbarkeit,
- verminderte Wärmeentwicklung während des Abbindens und
- verbesserte Dauerhaftigkeit.

6.2.2 Zuschläge

6.2.2.1 Die Zuschläge müssen den Anforderungen von prEN 12620 und ENV 206, 4.2 entsprechen.

6.2.2.2 Die Bezugsquellen der Stoffe, die Kornverteilungen der Zuschläge und deren mineralogische Zusammensetzung sind vor Beginn der Bauarbeiten zu vereinbaren.

6.2.2.3 Für Unterwasserbeton sollten vorzugsweise gerundete Zuschläge verwendet werden.

6.2.2.4 Das Größtkorn der Zuschläge darf 32 mm oder $\frac{1}{4}$ des lichten Abstandes der Längsbewehrungsstäbe in Umfangsrichtung nicht überschreiten. Der kleinere Wert ist maßgebend.

6.2.2.5 Gefrorene Zuschläge sind so zu erwärmen, daß kein anhängendes Eis oder Reif in die Mischung gelangen.

6.2.3 Wasser

6.2.3.1 Anmachwasser muß prEN 1008 und ENV 206, 4.3 entsprechen.

6.2.3.2 Um den Frischbeton bei hohen Umgebungstemperaturen zu kühlen, darf das Wasser gekühlt werden oder es darf bis zu 50 % seiner Masse durch Eisgrus ersetzt werden.

6.2.4 Zusatzstoffe und Zusatzmittel

6.2.4.1 Zusatzstoffe und Zusatzmittel müssen ENV 206, 4.4 und 4.5 genügen.

6.2.4.2 Solange keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen, sind bei der Anwendung von Zusatzstoffen oder Zusatzmitteln die nationalen Normen bzw. die

am Verwendungsort des Betons geltenden Bestimmungen zu erfüllen.

6.2.4.3 Zusatzstoffe und Zusatzmittel dürfen nur entsprechend den Zulassungen und den Herstellerangaben verwendet werden.

6.2.4.4 Um die für das Einbringen notwendigen Beton-eigenschaften zu erreichen, dürfen

- Betonverflüssiger,
- Superverflüssiger (Fließmittel) und
- Verzögerer

als Zusatzmittel verwendet werden.

6.2.4.5 Die Betonzusammensetzung, die Anwendung des Betons und der betreffende Zusatzstoff bzw. das betreffende Zusatzmittel müssen miteinander verträglich sein.

6.2.4.6 Zusatzstoffe und Zusatzmittel dürfen verwendet werden,

- um einen Beton mit guten Verarbeitungseigenschaften zu erreichen,
- um Bluten, Nester oder Entmischen aufgrund hohen Wassergehaltes zu vermeiden,
- um die Verarbeitbarkeit zu verlängern, wie es für das Einbringen erforderlich ist, sowie
- als Vorsorge für etwaige Unterbrechungen des Beton-einbringens.

ANMERKUNG: Eine unsachgemäße Anwendung von Zusatzstoffen und Zusatzmitteln kann Schäden verursachen.

6.2.4.7 Die Anteile an Zusatzstoffen oder Zusatzmitteln in der Mischung sind bekanntzugeben, bevor mit dem Mischen des Betons begonnen wird.

6.2.4.8 Wenn Pfähle in kaltem Klima hergestellt werden und der umgebende Boden im oberen Pfahlbereich nach dem Betonieren ausgehoben werden muß, dürfen Luftporenbildner für den Beton in dem Pfahlbereich verwendet werden, welcher der Frosteinwirkung ausgesetzt sein wird.

6.3 Ortbeton

6.3.1 Allgemeines

6.3.1.1 Die Betonzusammensetzung für Bohrpfähle muß mit ENV 206 übereinstimmen, soweit in dieser Europäischen Norm nichts anderes festgelegt ist.

6.3.1.2 Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders verlangt, müssen die Festigkeitsklasse des Betons für Bohrpfähle zwischen C 20/25 und C 30/37 liegen und die Betonzusammensetzung und Konsistenz den Tabellen 1 und 2 entsprechen.

6.3.1.3 Für Primärpfähle von Bohrpfahlwänden darf eine niedrigere Festigkeitsklasse oder Mörtel benutzt werden (siehe Bild 6).

6.3.1.4 Falls es die Bemessung erfordert und die Baugrundverhältnisse und die Herstellung es ermöglichen, ist Beton mit höherer Festigkeit erlaubt.

6.3.1.5 Der Frischbeton für Pfähle muß

- hohen Widerstand gegen Entmischungsneigung,
- hohe Plastizität und guten Zusammenhalt,
- gute Fließfähigkeit,
- die Fähigkeit, sich selbst zu verdichten, und
- eine ausreichende Verarbeitbarkeit für das Einbringen sowie das Ziehen einer vorübergehenden Verrohrung haben.

Tabelle 1: Betonzusammensetzung

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

Tabelle 2: Konsistenzbereich für Frischbeton bei unterschiedlichen Bedingungen

Ausbreitmaß mm	Absetzmaß (Slump) mm	Typische Anwendungs- bedingungen (Beispiele)
$460 \leq \emptyset \leq 530$	$130 \leq H \leq 180$	– Betonieren im Trocknen
$530 \leq \emptyset \leq 600$	$H \geq 160$	– Pumpbeton oder – mit Kontraktorrohren eingebrachter Unterwasserbeton
$570 \leq \emptyset \leq 630$	$H \geq 180$	– im Kontraktorverfahren unter Stützflüssigkeit eingebrachter Beton
ANMERKUNG: Das gemessene Ausbreitmaß ($\emptyset$) oder Absetzmaß (H) ist auf 10 mm zu runden.		

6.3.1.6 In Fällen, in denen die Betonzusammensetzung und die Konsistenzbereiche nach den Tabellen 1 und 2 keine Mischung hoher Dichte ermöglichen, dürfen Zementgehalt und Konsistenz angepaßt werden.

6.3.1.7 In aggressiven Böden und/oder aggressivem Grundwasser ist ausreichender Schutz z. B. durch die Betonrezeptur oder eine bleibende Hülse vorzusehen.

ANMERKUNG:

- Bei besonders stark angreifendem Grundwasser oder Boden ist es möglich, daß durch die Betonrezeptur allein kein ausreichender Schutz erzielt wird.
- Bei kontaminierten Böden und Wässern sind zusätzliche Risiken möglich (z. B. Schwermetalle, die verzögern oder die Porenstruktur im Betongefüge verändern).

6.3.1.8 Ein zuverlässiger Schutz für den Frischbeton gegen starke Grundwasserströmung, die zu Auswaschungen führen können, kann durch eine bleibende Verrohrung oder Hülse erreicht werden.

6.3.2 Mischen

6.3.2.1 Die allgemeinen Anforderungen zum Mischen und die Genauigkeit der Dosierung müssen mit ENV 206, Abschnitt 9 übereinstimmen.

6.3.2.2 Es darf sowohl Transportbeton als auch Baustellenbeton verwendet werden.

6.3.2.3 Wenn in der Leistungsbeschreibung nicht anders festgelegt, sind drei einzelne Mischungen (Chargen) als Probenmischungen zu verwenden.

6.3.2.4 Von diesen Probenmischungen sind jeweils sechs Würfel oder Zylinder zu fertigen; je zwei sind nach 7 bzw. 28 Tagen zu prüfen und zwei für eventuelle zusätzliche Prüfungen aufzubewahren, bis die Ergebnisse der 28-Tage-Prüfungen bekannt sind und der Beton akzeptiert ist.

6.3.2.5 Die nachträgliche Wasserzugabe ist verboten, es sei denn, sie ist für das korrekte Einmischen von Zusatzstoffen und Zusatzmitteln unmittelbar vor dem Einbringen des Betons erforderlich. Hierbei ist der vorgesehene Wasserzementwert einzuhalten.

6.3.3 Probenahme und Prüfung

6.3.3.1 Wenn nicht nachgewiesen werden kann, daß die gleiche Betonmischung schon bei anderen gleichartigen Anwendungen den Anforderungen entsprochen hat, sind vor dem Betonieren, vorzugsweise unter Baustellenbedingungen, Eignungsprüfungen durchzuführen. Falls dies nicht möglich ist, sind die Eignungsprüfungen in einem akkreditierten Prüflaboratorium durchzuführen. Die Prüfungen müssen eine ausreichende Anzahl Proben mit den für die Pfahlherstellung vorgesehenen Zuschlagsstoffen und Zement umfassen.

6.3.3.2 Alle Probenahmen und Prüfungen des Frischbetons müssen mit ENV 206 übereinstimmen. Zusätzlich gelten die nachfolgenden Festlegungen.

6.3.3.3 Die Mindestanzahl der Probewürfel oder Probezylinder für eine Probe beträgt vier.

6.3.3.4 Die Betonprobenahme auf der Baustelle zur Druckfestigkeitsprüfung ist wie folgt auszuführen:

- je eine Probe von den ersten drei Pfählen der Baustelle;
- je eine Probe für jeweils fünf folgende Pfähle (bzw. für jeweils 15 Pfähle, wenn die Betonmenge je Pfahl 4 m^3 oder geringer ist);
- zwei zusätzliche Proben nach Arbeitsunterbrechungen länger als 7 Tage;
- eine Probe für je 75 m^3 Beton, die an einem Tag eingebracht werden und
- mindestens eine Probe für jeden Pfahl, für den wegen der Betonspannungen eine Festigkeitsklasse C35/45 und höher erreicht werden muß.

6.3.3.5 Wenn der Beton im Rahmen eines durchgängigen, zertifizierten Qualitätssicherungssystems hergestellt wird, dürfen abweichende Prüfanforderungen für die Baustelle vereinbart werden.

6.3.3.6 Zusätzliche Probenahme und Prüfung kann in besonderen Fällen erforderlich sein.

BEISPIELE:

- für Spitzendruckpfähle auf Fels;
- für Einzelpfähle;
- für hohe Biegebeanspruchungen.

6.3.3.7 Die Häufigkeit des Prüfens

- der Konsistenz,
- der Betontemperatur und
- der Verarbeitbarkeitszeit

hat der Tabelle 10 zu entsprechen.

6.3.3.8 Die Aufzeichnungen aller Betonprüfungen sind aufzubewahren. Die Ergebnisse sind in den Betonieraufzeichnungen zu vermerken.

6.4 Verpreßmörtel

6.4.1 Zement-Bentonit-Mörtel oder andere Verpreßmörtel sind, solange keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen, in Übereinstimmung mit den entsprechenden nationalen Normen oder, wenn solche nicht anwendbar sind,

nach anderen anerkannten Verfahrensweisen herzustellen, vorzuhalten und zu kontrollieren.

6.4.2 Die Zusammensetzung des Verpreßmörtels, die Verpreßtechnik und das Verpressen sind entsprechend dem Zweck (z. B. äußere Verpressung von Betonfertigteilen, Sohl- oder Mantelverpressung) und den Baugrundverhältnissen zu planen und durchzuführen.

6.4.3 Bei der Wahl des Zements für eine Verpressung gegen den Baugrund ist bekannten oder möglicherweise vorhandenen aggressiven Stoffen Rechnung zu tragen.

6.4.4 Der Wasserzementwert sollte den tatsächlichen Baugrundverhältnissen angepaßt werden.

ANMERKUNG: Die Wasserzementwerte liegen gewöhnlich zwischen 0,40 und 0,55 oder auch darüber, wenn dies als erforderlich erachtet wird.

6.4.5 Für die Herstellung pumpbarer Verpreßmischungen mit geringer Wasserabgabe dürfen Zusatzmittel verwendet werden.

6.5 Stützflüssigkeiten

6.5.1 Allgemeines

6.5.1.1 Stützflüssigkeiten oder Dickspülungen müssen Suspensionen sein. Zu unterscheiden sind

- Bentonitsuspensionen,
- Polymersuspensionen oder
- andere Suspensionen.

6.5.1.2 Die Flüssigkeiten sind durch Zugabe entsprechender Feinstoffe in Wasser mit oder ohne Zusatzmittel herzustellen.

6.5.2 Bentonitsuspensionen

6.5.2.1 Herstellung, Vorhalten und Kontrolle von Bentonitsuspensionen sind in Übereinstimmung mit EN 1538 durchzuführen, sofern in den nachfolgenden Unterabschnitten von 6.5.2 nichts anderes festgelegt ist.

6.5.2.2 Die Eigenschaften der Bentonitsuspension müssen in frischem Zustand, während des Aushubs und vor dem Betonieren den Werten der Tabelle 3 entsprechen.

6.5.2.3 Die Prüfungen der Bentonitsuspensionen sind nach den Verfahren von EN 1538 durchzuführen.

6.5.2.4 Für den Zustand vor dem Betonieren ist in besonderen Fällen, wie z. B. bei Salzwasser oder schwerer Dickspülung, ein Wert bis 1,20 g/cm³ für die Dichte erlaubt.

6.5.2.5 Im Zustand vor dem Betonieren sind in besonderen Fällen 6 % Massenanteile an Sand erlaubt, z. B. für Reibungspfähle oder unbewehrte Pfähle.

6.5.2.6 Wenn die Bentonitsuspension auch als Transportmittel für das ausgehobene Material dient (Dickspülung), sind für die wiederverwendete Suspension höhere Dichten während des Aushubvorganges erlaubt.

6.5.3 Polymere und andere Suspensionen

6.5.3.1 Andere Suspensionen oder Dickspülungen, die zum Beispiel

- Polymere,
- Polymere mit Bentonitzusatz oder
- andere Tone

enthalten, dürfen als Stützflüssigkeit aufgrund von Erfahrungen

- aus früheren Anwendungsfällen in vergleichbaren oder geotechnisch schlechteren Verhältnissen oder
- aus Großversuchen auf der Baustelle verwendet werden.

6.5.3.2 Für die Zubereitung, Aufbereitung und Kontrolle der Suspensionen sind, solange keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen, die jeweiligen nationalen Normen oder Anforderungen anzuwenden oder, wo diese nicht zutreffen, die Herstellerangaben.

6.6 Stahl

6.6.1 Bewehrungsstäbe, Stahlmatten, Stahlrohre und Stahlprofile, die als Bewehrung von Bohrpfählen verwendet werden, müssen ENV 10080, EN 10210-1 und EN 10025 entsprechen.

6.6.2 Bei der Auswahl der Stahlsorte und -güte sind die Montage der Bewehrungskörbe und die Anforderungen an die Schweißbarkeit zu berücksichtigen.

6.6.3 Bei Verwendung von Stahlrohren oder Profilstahl als Pfahlbewehrung muß die Bemessung mit ENV 1994-1-1 übereinstimmen.

6.6.4 In mit Stützflüssigkeit hergestellten Bohrpfählen dürfen Metalleinbauteile, z. B. Rohre für Pfahlprüfungen, nur bei besonderen Vorsichtsmaßnahmen aus galvanisiertem Stahl oder anderen Materialien sein, wenn Gefahr besteht für

- verstärkte Filterkuchenbildung durch elektrostatische Wirkung oder
- Korrosion der Bewehrung durch elektrochemische Wirkung.

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Als grundlegende Europäische Normen für die Bemessung von Bohrpfählen gelten:

- ENV 1991-1 Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung;
- ENV 1992-1-1 Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau;

Tabelle 3: Eigenschaften für Bentonitsuspensionen

	Einheit	Bentonitsuspension		
		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
Filtratwasserabgabe	cm ³	< 30	< 50	–
pH		7 bis 11	7 bis 12	–
Sandgehalt	% (Massenanteil)	–	—	< 4
–: keine Festlegung				

- ENV 1994-1-1 Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Regeln für den Hochbau;
- ENV 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln.

ANMERKUNG: Der Abschnitt 7 betrifft Sachverhalte, welche sich aus der Herstellung von Bohrpfählen ergeben und auf deren Bemessung auswirken können.

7.1.2 Die Bemessung kann beeinflusst werden durch

- die besonderen Voraussetzungen des Projektes nach Abschnitt 4,
- die Baugrunduntersuchungen nach Abschnitt 5 und/oder,
- die Anforderungen an die Baustoffe nach Abschnitt 6.

7.1.3 Die Bemessung hat

- die geometrischen Herstellungstoleranzen und
- die Herstellungsbedingungen

nach 7.2 und Abschnitt 8 zu berücksichtigen.

7.1.4 Ein Bohrpfahl darf als unbewehrtes Betonelement entworfen werden, wenn

- die Bemessungswerte der Einwirkungen und/oder

- die Einwirkungen aus Baubetrieb und/oder
- die Einwirkungen aus dem Untergrund nur Druckspannungen erzeugen und
- die Pfahlgründung sich nicht in einem Erdbebengebiet befindet.

7.1.5 Zur Aufnahme unplanmäßiger Lasten (z. B. solcher aus dem Baubetrieb) sollten unbewehrte Pfähle eine Pfahlkopfbewehrung erhalten.

7.1.6 In weichen oder lockeren Böden sollten Pfähle über die entsprechende Länge bewehrt werden, sofern in der Leistungsbeschreibung nichts anderes festgelegt ist.

7.1.7 Auf Biegung beanspruchte Pfähle sind zu bewehren.

7.1.8 Zugpfähle sind über ihre ganze Länge zu bewehren.

7.1.9 Wenn aufgrund der Bemessung keine Bewehrung erforderlich ist, sollten im Pfahlkopf Anschlußbeisen zur Verbindung mit dem Überbau vorgesehen werden.

ANMERKUNG: Fußaufweitungen erhalten üblicherweise keine zusätzliche Bewehrung, die stärker dimensioniert ist als dies für den Schaft erforderlich ist.

7.1.10 Sofern Bewehrungskörbe nach dem Betonieren eingebracht werden, kann eine besondere und steife Ausbildung notwendig werden.

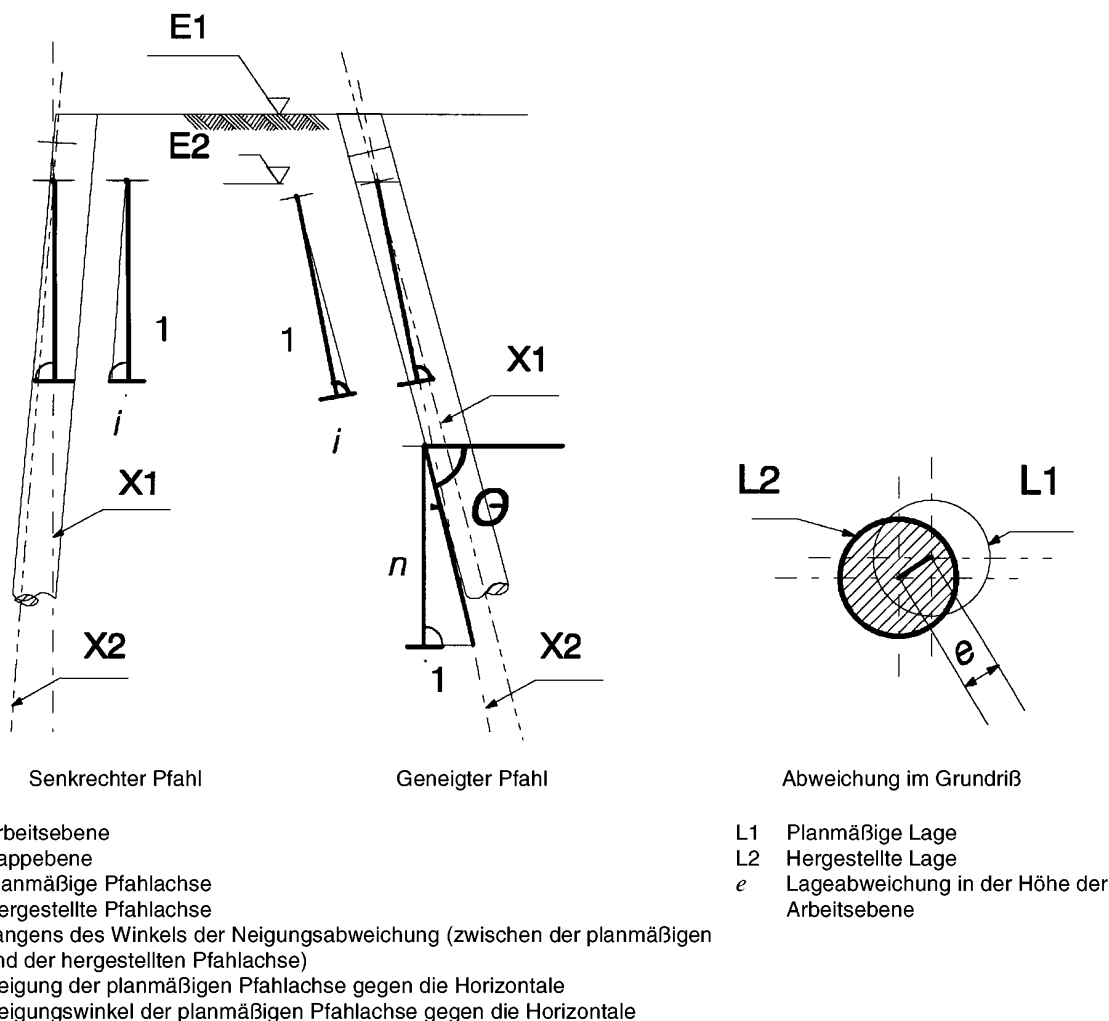


Bild 8: Bezeichnungen der geometrischen Herstellungsabweichungen

7.2 Geometrische Herstellungstoleranzen

7.2.1 Pfähle sind innerhalb folgender geometrischer Herstellungstoleranzen herzustellen:

- a) Lageabweichungen des Ansatzpunktes von vertikalen und geneigten Pfählen in Höhe der Arbeitsebene:
 $e \leq e_{\max} = 0,10 \text{ m}$ für Pfähle mit $D \leq 1,0 \text{ m}$;
 $e \leq e_{\max} = 0,1 \times D$ für Pfähle mit $1,0 \text{ m} < D \leq 1,5 \text{ m}$;
 $e \leq e_{\max} = 0,15 \text{ m}$ für Pfähle mit $D > 1,5 \text{ m}$;
 - b) Neigungsabweichung vertikaler Pfähle oder Pfähle mit einer Neigung
 $n \geq 15$ ($\Theta \geq 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,02$ ($\cong 0,02 \text{ m/m}$);
 - c) Neigungsabweichung schräger Pfähle mit einer Neigung
 $4 \leq n < 15$ ($76^\circ \leq \Theta < 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,04$ ($\cong 0,04 \text{ m/m}$);
 - d) Abweichung der Mitte von Aufweitungen zur Pfahlachse:
 $e \leq e_{\max} = 0,1 \times D$
- (siehe Bild 8).

ANMERKUNG: Zur Bestimmung der Ausführungsabweichungen wird als Pfahlmitte der Schwerpunkt der Längsbewehrung betrachtet oder, bei unbewehrten Pfählen, der Mittelpunkt des größten Kreises, der in den Querschnitt am Pfahlkopf eingeschrieben werden kann.

7.2.2 Wenn andere Herstellungstoleranzen als die angegebenen aus

- konstruktiven Anforderungen,
- den Baugrundverhältnissen,
- dem verfügbaren Pfahlbohrgerät oder
- einer sehr tief liegenden Kappebene

gefordert oder erlaubt sind, sind sie vor Beginn der Bauarbeiten zu vereinbaren.

7.3 Bohrpfahlwände

7.3.1 Bohrpfahlwände können für Axial- und/oder Querbewehrung bemessen werden (z. B. als Stützwände für Erd- oder Wasserdruck oder bei Unterfangungen).

7.3.2 An die geometrischen Herstellungstoleranzen bei Pfahlwänden können höhere Anforderungen gestellt werden als in 7.2.1 angegeben ist, insbesondere wenn Dichtigkeit gegen Wasser oder Boden erforderlich ist.

7.3.3 Die Neigung, der Abstand, die maximalen geometrischen Herstellungstoleranzen, die Überschneidung und die Anforderung an die Wasserdichtigkeit der Fugen sind in der Leistungsbeschreibung festzulegen.

7.3.4 Die Neigung von Wänden muß $n \geq 8$ ($\Theta \geq 83^\circ$) entsprechen (siehe Bild 4).

7.4 Bodenaushub

7.4.1 Wenn Pfähle in eine tragende Schicht oder in Fels einzubinden sind, sind in der Bemessung die Mindesteinbindetiefe, die Form und die geforderten Baugrundeigenschaften im Einbindebereich anzugeben.

7.4.2 Wenn die Baugrundverhältnisse von den Bemessungsannahmen abweichen, ist der Entwurfsverfasser zu benachrichtigen, und es sind angemessene Maßnahmen zu treffen, um die Tragfähigkeit des Pfahles oder der Gründung zu erreichen.

7.4.3 Druckpfähle dürfen nicht auf Hindernissen gegründet werden, es sei denn

- eine ausreichende Tragfähigkeit ist nachgewiesen,
- ein vollflächiger Sitz und

- ein ähnliches Verformungsverhalten wie das der Nachbarpfähle kann erreicht werden.

7.4.4 Wenn Pfähle vor dem Erreichen der planmäßigen Gründungstiefe auf ein undurchdringbares Hindernis treffen, ist der Entwurf auf verfügbare Kenntnisse über das Hindernis hin zu überarbeiten.

ANMERKUNG: In solchen Fällen können zusätzliche Pfähle oder Ersatzpfähle mit einem gleichwertigen Tragverhalten nötig sein.

7.4.5 Fuß- oder Schaftaufweitungen sind nur zu planen, wenn die vorgesehene geometrische Form in kontrollierbarer Weise ausgeführt und mit geeigneten Mitteln überprüft werden kann.

7.4.6 Fußaufweitungen dürfen nicht in instabilen Böden geplant werden wie

- lockeren Sanden,
- gleichförmigen Sanden im Grundwasser oder
- weichen oder sensiblen Tonen.

7.4.7 Schaftaufweitungen sind nur bei vertikalen Pfählen in standfestem Baugrund erlaubt.

7.5 Betonfertigteile

7.5.1 Bemessung, Ausführung und Überwachung von Betonfertigteilen müssen mit ENV 1992-1-1 und ENV 1994-1-1 übereinstimmen.

7.5.2 Die Bemessung muß die Handhabung, den Transport und den Einbau berücksichtigen; Auflagen sind auf dem Betonfertigteile zu vermerken.

7.5.3 Die Betondeckung muß den Anforderungen für die jeweiligen Umweltbedingungen entsprechen.

7.6 Bewehrung

7.6.1 Allgemeines

7.6.1.1 Anschlußseilen oder Dübel zur Verbindung mit dem aufgehenden Bauwerk müssen ENV 1992-1-1 entsprechen.

7.6.1.2 Wenn Stahlrohre oder Stahlprofile als Bewehrung von Pfählen verwendet werden, muß ihre Bemessung mit ENV 1994-1-1 übereinstimmen.

7.6.1.3 Ein Abrostungszuschlag ist beim Entwurf vorzusehen, wenn ein Stahlrohr oder die bleibende Verrohrung als Konstruktionsteil verwendet wird, es sei denn, ein Korrosionsschutz ist bereits natürlich vorhanden, oder die ganze Oberfläche wird durch eine ausreichende Überdeckung aus Beton oder Verpreßmörtel oder andere Maßnahmen vor Korrosion geschützt.

7.6.1.4 Alle Maßnahmen zur Aussteifung der Bewehrungskörbe sollten in den Ausführungszeichnungen dargestellt werden.

7.6.2 Längsbewehrung

7.6.2.1 Wenn eine

- Bentonit-,
- Ton- oder
- Polymersuspension

als Stützflüssigkeit verwendet wird, darf als Längsbewehrung nur Rippenstahl eingesetzt werden.

7.6.2.2 Bei bewehrten Pfählen hat die Längsbewehrung den Mindestwerten der Tabelle 4 zu entsprechen, sofern durch die Bemessung nichts anderes festgelegt ist.

Tabelle 4: Mindestlängsbewehrung

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

7.6.2.3 Als Längsbewehrung sind mindestens vier Stäbe mit 12 mm Durchmesser auszuführen.

7.6.2.4 Der Abstand zwischen den Längsstäben sollte stets möglichst groß gewählt werden, um ein einwandfreies Fließen des Betons zu ermöglichen, sollte aber 400 mm nicht überschreiten.

7.6.2.5 Der lichte Abstand zwischen den Längsstäben oder Bündeln einer Lage darf 100 mm nicht unterschreiten.

7.6.2.6 Der kleinste lichte Abstand zwischen Längsstäben oder Bündeln einer Lage darf bei einer Korngröße des Betons $d \leq 20 \text{ mm}$ bis auf 80 mm verringert werden.

7.6.2.7 Mehrlagige Längsbewehrungen sollten soweit möglich vermieden werden.

7.6.2.8 Bei mehrlagiger Längsbewehrung

- darf die Anzahl der Lagen für zylindrische Bohrpfähle höchstens zwei sein,
- müssen die Stäbe der Lagen radial hintereinander liegen und
- muß der kleinste lichte Abstand zwischen Stäben verschiedener Lagen größer als der 2fache Stabdurchmesser oder das 1,5fache des Größtkorns der Zuschläge sein; der größere Wert ist maßgebend.

7.6.2.9 Der Abstand zwischen den Bewehrungsstäben darf im Bereich der Stöße verkleinert werden.

7.6.2.10 Bei unsymmetrischer Längsbewehrung ist die Orientierung des Bewehrungskorbes beim Einbringen und während des Betonierens durch besondere Maßnahmen einzuhalten.

7.6.3 Querbewehrung

7.6.3.1 Querbewehrung ist nach ENV 1992-1-1 zu bemessen.

7.6.3.2 Die Durchmesser der Querbewehrung sollten mit Tabelle 5 übereinstimmen.

Tabelle 5: Empfohlene Durchmesser der Querbewehrung

Rechteckige und runde Bügel oder Wendelbewehrung	$\geq 6 \text{ mm}$ und $\geq$ ein Viertel des Größtdurchmessers der Längsbewehrung
Stäbe von Baustahlmatten als Querbewehrung	$\geq 5 \text{ mm}$

7.6.3.3 Der lichte Abstand der Querbewehrung darf nicht kleiner sein, als in 7.6.2 für die Längsbewehrung gefordert ist.

7.6.3.4 Wenn die Scherspannungen im Pfahl die 0,5fache Scherfestigkeit des Betons überschreiten, sollte die Querbewehrung nach anerkannten Regeln bemessen werden.

7.6.3.5 Längsstäbe oder Längsstabbündel, die in Ecken eines Bewehrungskorbes angeordnet sind, sollten durch Querbewehrung gehalten werden.

7.6.3.6 Aussteifungsringe oder andere Versteifungen des Bewehrungskorbes dürfen nur dann als Querbewehrung

angesehen werden, wenn sie ausreichend mit den Längsstäben verbunden sind.

7.6.4 Betondeckung

7.6.4.1 Die Betondeckung bewehrter Ortbetonpfähle muß ENV 1992-1-1 entsprechen und darf, wenn nicht anders vereinbart, nicht kleiner sein als

- 60 mm bei Pfählen mit $D > 0,6 \text{ m}$ oder
- 50 mm bei Pfählen mit $D \leq 0,6 \text{ m}$.

7.6.4.2 Die Mindestdeckung sollte auf 75 mm vergrößert werden:

- bei unverrohrten Pfählen in weichem Baugrund;
- bei Umweltverhältnissen der Klasse 5 nach ENV 206;
- bei Unterwasserbeton mit 32 mm Größtkorn;
- wenn die Bewehrung nachträglich in den frischen Beton eingebracht wird oder
- bei unebener Oberfläche der Bohrlochwände.

7.6.4.3 Die Betondeckung darf bei bleibender Verrohrung oder Hülse auf 40 mm in bezug auf deren äußere Oberfläche verringert werden.

7.6.5 Rohre und Stahlprofile als Bewehrung

7.6.5.1 Die Bemessung von Pfählen mit Bewehrung durch Rohre oder Stahlprofile hat mit ENV 1994-1-1 übereinzustimmen.

7.6.5.2 Der Bemessungswert für die Haftspannung zwischen Beton und einbetoniertem Stahlprofil ist vor Beginn der Bauarbeiten zu vereinbaren, und die Betondeckung ist in den Bemessungsunterlagen festzulegen.

7.6.5.3 Baustellen- oder Laborversuche können hierzu nötig sein.

7.6.5.4 Um die Lage der Spezialbewehrung zur Pfahlachse und die richtige Betondeckung auf ganzer Länge einzuhalten, ist eine Einbauanweisung aufzustellen.

8 Ausführung

8.1 Aushub

8.1.1 Allgemeines

8.1.1.1 Bei der Herstellung von Bohrpfählen ist dafür zu sorgen, daß Wasser und/oder Boden nicht unkontrolliert in das Bohrloch eindringt.

ANMERKUNG 1: Ein Eindringen von Wasser und/oder Boden könnte z. B. verursachen:

- eine Störung oder Auflockerung der tragfähigen Schicht oder des angrenzenden Baugrunds;
- den Verlust der Stützung benachbarter Gründungen durch Bodenentzug;
- instabile Hohlräume neben dem Pfahl;
- Schäden an noch nicht abgebundenem Beton im Pfahl oder an kürzlich hergestellten, benachbarten Pfählen;
- Hohlräume im Schaft während des Betonierens;
- Auswaschen von Zement.

ANMERKUNG 2: Diese Risiken bestehen besonders in:

- lockeren rolligen Böden;
- weichen bindigen Böden oder
- wechselhaftem Baugrund.

8.1.1.2 In Böden, die zum Fließen neigen oder deren Struktur zusammenbrechen könnte, ist eine Stützung vorzusehen, um die Standfestigkeit des Bohrloches aufrechtzuerhalten und unkontrolliertes Eindringen von Boden und Wasser in das Bohrloch zu verhindern.