

DIN EN 1536

ICS 93.020

Ersatz für
DIN EN 1536:1999-06**Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau –
Bohrpfähle;
Deutsche Fassung EN 1536:2010**Execution of special geotechnical work –
Bored piles;
German version EN 1536:2010Exécution des travaux géotechniques spéciaux –
Pieux forés;
Version allemande EN 1536:2010

Gesamtumfang 88 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1536:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-07 AA „Baugrund; Pfähle“ (Spiegelausschuss von CEN/TC 288/WG 3, -WG 5, -WG 8, CEN/TC 341/WG 4) im Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1536:1999-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der Normenverweise;
- b) Aktualisierung der Anforderungen an Baustoffe und Bauprodukte;
- c) Erweiterung der Entwurfs- und Bemessungshinweise (z. B. Bewehrung);
- d) Anpassung der Ausführungsanforderungen (Herstellungstoleranzen Geometrie, Bewehrung);
- e) Überarbeitung der Anforderungen zur Herstellungsüberwachung;
- f) Neuerstellung der tabellarischen Beispiele für die Einzelheiten und die Häufigkeit der Überwachung je Bohrfahltyp (Anhang B).

Frühere Ausgaben

DIN 4014: 1960-12, 1969-11, 1990-03
DIN 4014-1: 1975-08
DIN 4014-2: 1977-09
DIN EN 1536: 1999-06

Deutsche Fassung

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Bohrpfähle

Execution of special geotechnical work —
Bored piles

Exécution des travaux géotechniques spéciaux —
Pieux forés

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2. Juli 2010 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 Management-Zentrum des CEN 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 Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	11
4 Notwendige Informationen für die Ausführung	16
4.1 Allgemeines	16
4.2 Besondere Punkte	17
5 Baugrunduntersuchungen	18
5.1 Allgemeines	18
5.2 Besondere Anforderungen	18
6 Baustoffe und Bauprodukte	20
6.1 Ausgangsstoffe	20
6.1.1 Allgemeines	20
6.1.2 Bentonit	20
6.1.3 Polymere	20
6.1.4 Zement	20
6.1.5 Gesteinskörnungen	21
6.1.6 Zugabewasser	21
6.1.7 Zusatzstoffe	21
6.1.8 Zusatzmittel	21
6.2 Stützflüssigkeiten	22
6.2.1 Bentonitsuspensionen	22
6.2.2 Polymerlösungen	23
6.3 Beton	23
6.3.1 Allgemeines	23
6.3.2 Gesteinskörnungen	24
6.3.3 Zementgehalt	24
6.3.4 Wasserzementwert	24
6.3.5 Zusatzmittel	25
6.3.6 Frischbeton	25
6.3.7 Herstellung des Betons	26
6.3.8 Probenahme und Prüfung auf der Baustelle	26
6.4 Verpressmörtel	27
6.5 Bewehrung	28
6.6 Weitere Einbauteile	28
7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung	28
7.1 Allgemeines	28
7.2 Bohrpfahlwände	29
7.3 Bodenaushub	29
7.4 Betonfertigteile	30
7.5 Bewehrung	30
7.5.1 Allgemeines	30
7.5.2 Längsbewehrung	31
7.5.3 Querbewehrung	31
7.6 Rohre und Stahlprofile als Bewehrung	32
7.7 Mindest- und Nennbetondeckung	32
8 Ausführung	33
8.1 Herstellungstoleranzen	33
8.1.1 Geometrische Toleranzen	33
8.1.2 Toleranzen für den Einbau von Bewehrungskörben	35
8.1.3 Toleranzen für das Kappen	35

	Seite
8.2 Aushub	35
8.2.1 Allgemeines	35
8.2.2 Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge	37
8.2.3 Verrohrtes Bohren	37
8.2.4 Aushub unter Stützflüssigkeit	39
8.2.5 Bohren mit durchgehender Bohrschnecke	40
8.2.6 Ungestütztes Bohren	41
8.2.7 Querschnittsaufweitungen	41
8.3 Bewehrung	41
8.3.1 Allgemeines	41
8.3.2 Bewehrungsstöße	42
8.3.3 Biegen der Bewehrung	42
8.3.4 Herstellung der Bewehrungskörbe	42
8.3.5 Abstandhalter	43
8.3.6 Einbau der Bewehrung	43
8.4 Betonieren und Kappen	43
8.4.1 Allgemeines	43
8.4.2 Betonieren im Trockenen	45
8.4.3 Betonieren unter Wasser oder Suspension	45
8.4.4 Ziehen der Verrohrung	47
8.4.5 Bleibende Verrohrung oder Hülzen	47
8.4.6 Betonieren bei Pfahlherstellung mit durchgehender Bohrschnecke	47
8.4.7 Prepacked-Pfähle	48
8.4.8 Verlust der Eintauchtiefe des Kontraktorrohres oder der Verrohrung	49
8.4.9 Betonfertigteile und Stahlrohre oder Profile	49
8.4.10 Äußeres Verpressen von Bohrpfählen	49
8.4.11 Kappen	50
8.5 Bohrpfahlwände	51
9 Aufsicht, Prüfung und Überwachung	51
9.1 Kontrolle der Ausführung	51
9.2 Versuche an Bohrpfählen	52
9.2.1 Allgemeines	52
9.2.2 Probelastungen	53
9.2.3 Integritätsprüfungen	53
10 Aufzeichnungen	54
11 Besondere Anforderungen	57
Anhang A (informativ) Glossar	59
Anhang B (informativ) Beispiele für die Einzelheiten und die Häufigkeit der Überwachung und Prüfung	68
Anhang C (informativ) Mustervordrucke	73
Anhang D (informativ) Verbindlichkeit der Festlegungen	80
Literaturhinweise	86

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1536:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von Arbeiten im 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 spätestens März 2011, und entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2011 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1536:1999.

Die Aufgabe von TC 288 ist, die Normung der Ausführungsverfahren des Spezialtiefbaus (einschließlich der Prüf- und Überwachungsmethoden) und der erforderlichen Materialeigenschaften. WG 15 wurde damit beauftragt, EN 1536:1999 zu überarbeiten, deren Gegenstand Bohrpfähle und Schlitzwandelemente (Barettes) sind, nicht jedoch „Mikropfähle“ mit Durchmessern unter 0,3 m.

Der Entwurf, die Planung und die Ausführung von Bohrpfählen verlangen Erfahrung und Kenntnis in diesem besonderen Aufgabengebiet. Die Ausführungsphase erfordert geschultes Fachpersonal. Diese Norm kann die Kenntnisse von Fachunternehmen nicht ersetzen.

Das vorliegende Dokument wurde zur Ergänzung von EN 1997-1: *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln* und EN 1997-2: *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds* ausgearbeitet. Abschnitt 7 „Hinweise zu Entwurf und Bemessung“ der vorliegenden Europäischen Norm befasst sich nur dort mit Fragen der Bemessung, wo es aus Sicht der Ausführung notwendig ist (z. B. Einzelheiten der Bewehrung), beinhaltet aber im vollen Umfang die Anforderungen für die Bauausführung und die Überwachung.

Diese Norm enthält zusätzliche Anforderungen an Beton, die die Festlegungen von EN 206-1 und EN 13670 ergänzen. Die Festlegungen der drei Normen wurden noch nicht vollständig aufeinander abgestimmt. Bei künftigen Überarbeitungen könnten einige Festlegungen, die zurzeit in EN 1536:2010 enthalten sind, z. B. in 6.1, 6.3, 8.3 und 8.4, nach EN 206-1 und EN 13670 übertragen werden.

Dieses Dokument wurde von einer Arbeitsgruppe mit Delegierten aus elf europäischen Ländern erarbeitet. Stellungnahmen wurden von zehn europäischen Ländern erhalten und berücksichtigt.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

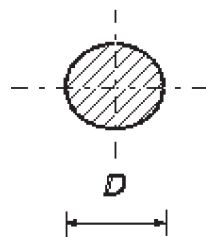
1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Europäische Norm enthält die allgemeinen Grundlagen für die Ausführung von Bohrpfählen (siehe 3.2).

ANMERKUNG 1 Diese Norm gilt für Pfähle oder Barette, die durch Bodenaushub hergestellt werden, und die tragende Bauteile darstellen, um Einwirkungen zu übertragen und/oder Verformungen zu begrenzen.

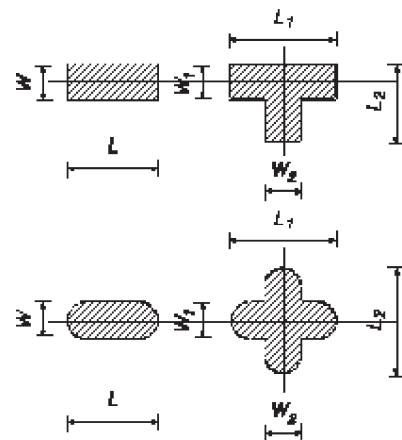
ANMERKUNG 2 Diese Norm gilt für Bohrpfähle mit kreisförmigem Querschnitt (siehe Bild 1 und Bild A.1a)) und für Bohrpfähle, die als Schlitzwandelemente ausgebildet sind (Barettes) (siehe 3.3), mit rechteckigem, T-förmigem oder L-förmigem Querschnitt oder mit einem ähnlichen Querschnitt (siehe Bild 2) unter der Voraussetzung, dass der Querschnitt in einem Arbeitsgang betoniert wird.

ANMERKUNG 3 In dieser Norm wird der Begriff „Pfahl“ für Pfähle mit kreisrundem Querschnitt und der Begriff „Schlitzwandelement“ (Barette) für Pfähle mit anderen Formen gebraucht. In beiden Fällen handelt es sich um Bohrpfähle.



Legende

D Schaftdurchmesser



Legende

L Wandlänge
 W Wanddicke
 A Querschnittsfläche des Schaftes

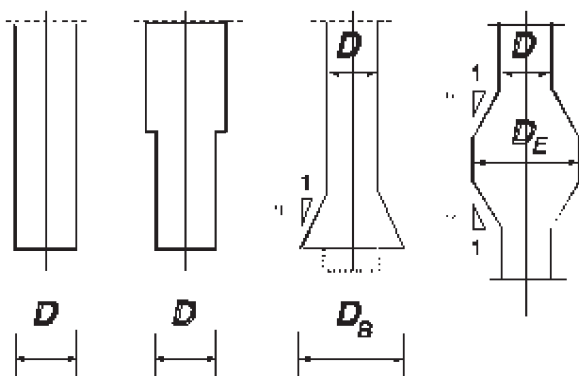
Bild 1 — Bohrpfahl mit kreisrundem Querschnitt

Bild 2 — Beispiele für Bohrpfähle mit nicht kreisförmigen Querschnitten (Schlitzwandelemente, Barette)

1.2 Diese Europäische Norm gilt für Bohrpfähle (siehe Bild 3) mit:

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

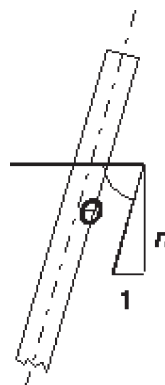
ANMERKUNG Die Gestalt des Pfahlfußes oder einer Aufweitung hängt von dem für den Aushub benutzten Werkzeug ab.



Legende

D Schaftdurchmesser
 D_B Durchmesser der Fußaufweitung
 D_E Durchmesser der Schaftaufweitung

Bild 3 — Beispiele für Pfähle mit gleichbleibendem Schaft und Pfähle mit Schaft- und Fußaufweitung



Legende

n Neigung

Bild 4 — Definition der Pfahlneigung

1.3 Diese Europäische Norm gilt für (siehe Anmerkung):

- Bohrpfähle mit einem Verhältnis Tiefe/Breite ≥ 5 ;
- Pfähle (siehe Bild 1 und Bild 3) mit einem Schaftdurchmesser $0,3 \text{ m} \leq D \leq 3,0 \text{ m}$;
- Schlitzwandelemente (Barettes) (siehe Bild 2) mit einer kleinsten Abmessung (Dicke) $W_i \geq 0,4 \text{ m}$, einem Verhältnis zwischen der größten und kleinsten Abmessung $L_i / W_i \leq 6$ und einer Querschnittsfläche $A \leq 15 \text{ m}^2$;
- Pfähle mit kreisrunden Stahlbeton-Fertigteilen, die als tragende Bauteile eingesetzt werden (siehe Bild 7), mit der kleinsten Abmessung $D_P \geq 0,3 \text{ m}$;
- Schlitzwandelemente mit rechteckigen Stahlbeton-Fertigteilen, die als tragende Bauteile eingesetzt werden und als kleinste Abmessung $W_P \geq 0,3 \text{ m}$ haben.

ANMERKUNG Diese Norm gilt für eine Vielzahl von unterschiedlichen Durchmessern. Für kleine Bohrpfähle mit einem Durchmesser $< 450 \text{ mm}$ können die allgemeinen Bestimmungen angepasst werden, um dem Platzmangel Rechnung zu tragen (z. B. Mindestanzahl der Bewehrungsstäbe und Abstand zwischen den Stäben).

1.4 Diese Europäische Norm gilt für Pfähle mit folgender Neigung (siehe Bild 4):

- $n \geq 4$ ($\theta \geq 76^\circ$);
- $n \geq 3$ ($\theta \geq 72^\circ$) bei Pfählen mit bleibender Verrohrung.

1.5 Diese Europäische Norm gilt für Bohrpfähle mit folgenden Abmessungen der Schaft- oder Fußaufweitungen (siehe Bild 3):

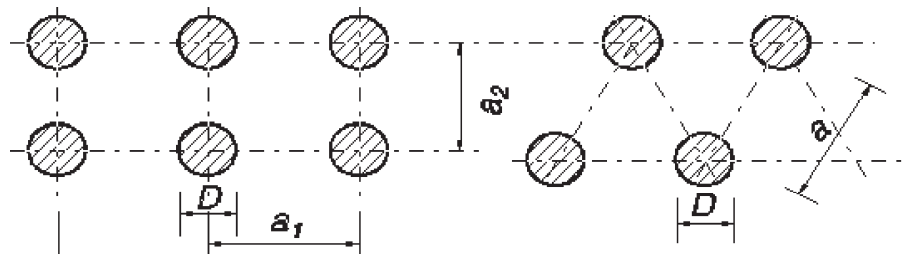
a) Fußaufweitungen:

- 1) in nichtbindigen Böden: $D_B / D \leq 2$;
- 2) in bindigen Böden: $D_B / D \leq 3$;

- b) Schaftaufweitungen in allen Böden: $D_E / D \leq 2$;
- c) Neigung der Aufweitung:
 - 1) in nichtbindigen Böden: $m \geq 3$ und
 - 2) in bindigen Böden: $m \geq 1,5$;
- d) Fläche der Fußaufweitung eines Schlitzwandelementes: $A \leq 15 \text{ m}^2$;

1.6 Die Bestimmungen dieser Europäischen Norm gelten für:

- einzelne Bohrpfähle;
- Bohrpfahlgruppen (siehe Bild 5);
- Bohrpfahlwände (siehe Bild 6).



Legende

- D Schaftdurchmesser
 a_i Achsabstand der Pfähle

Bild 5 — Beispiele für Pfahlgruppen

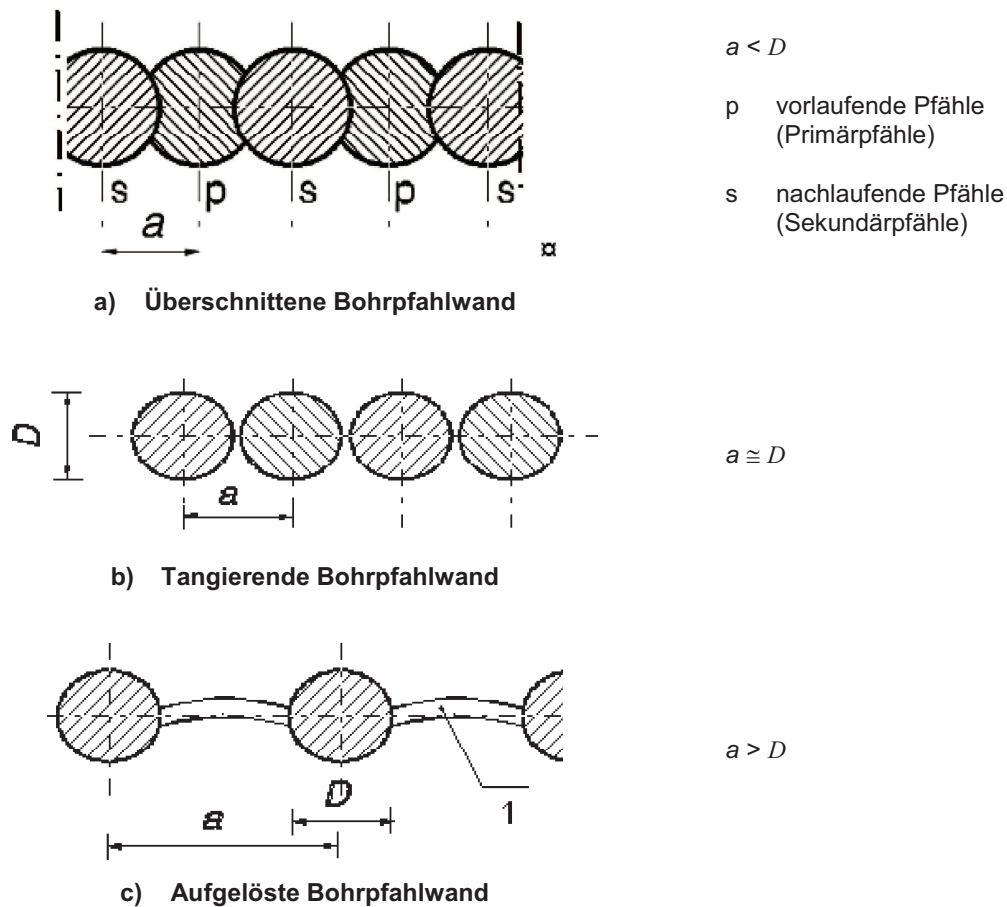


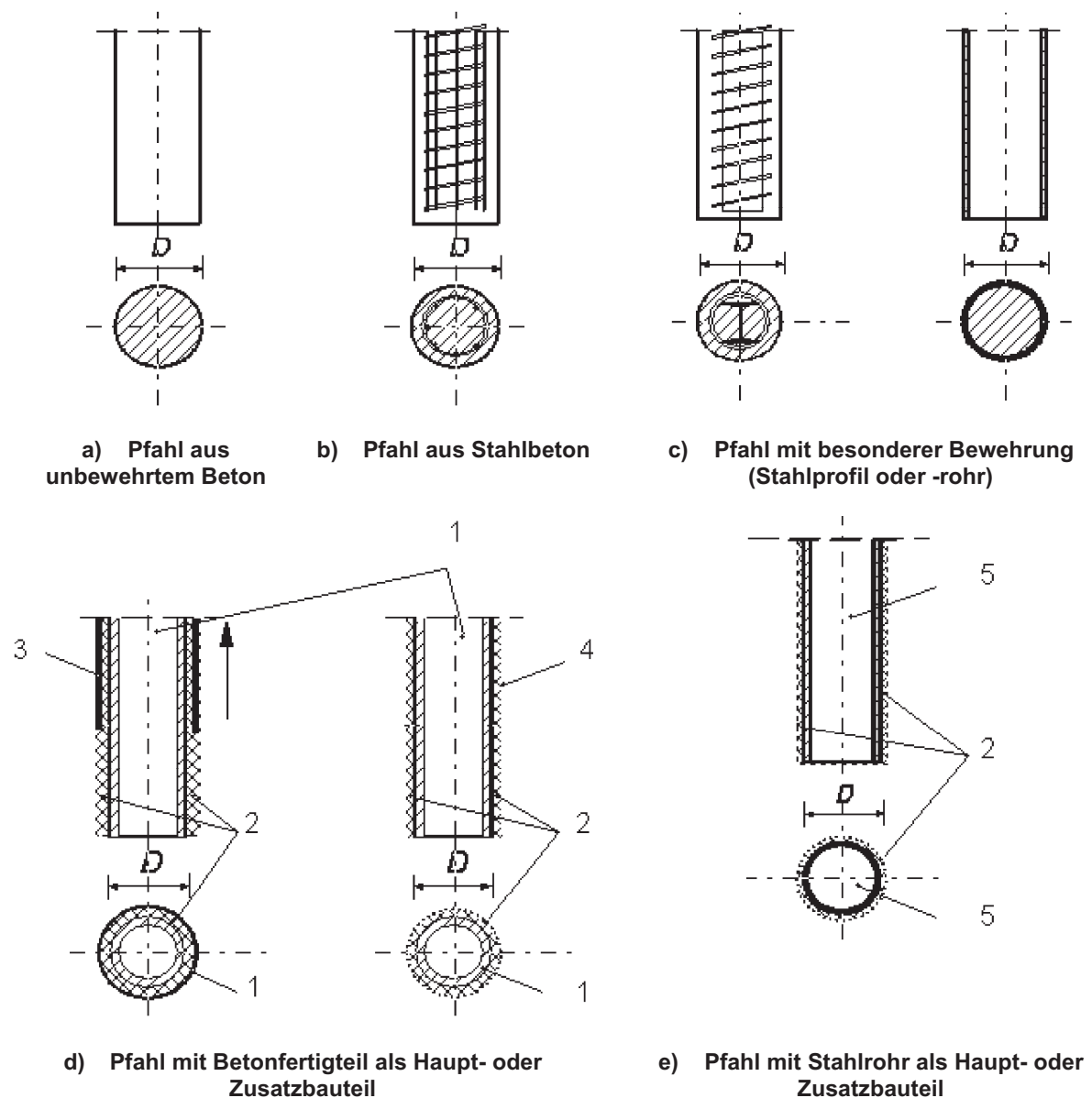
Bild 6 — Beispiele für Bohrpfehlwände

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

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

1.9 Die Bestimmungen gelten für Bohrpfähle (siehe Bild 7):

- aus unbewehrtem Beton;
- aus Stahlbeton;
- aus Beton mit besonderer Bewehrung, wie Stahlrohren, Stahlprofilen oder Stahlfasern;
- aus Betonfertigteilen (auch aus Spannbeton) oder Stahlrohren, bei denen der Ringspalt zwischen dem Fertigteil oder dem Rohr und dem Baugrund mit Beton, Zement oder Zement-Bentonit-Mörtel ausgefüllt wird.



Legende

- 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 Kreisquerschnitt

1.10 Mikropfähle, Erdbetonsäulen, Hochdruck-Bodenvermörtelungen, Bodenverbesserungen für Pfahlgründungen, Pfahlfüße aus Erdbeton und Schlitzwände sind nicht Gegenstand dieser Europäischen Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 197-1:2000, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 206-1:2000, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 791, *Bohrgeräte — Sicherheit*

EN 934-2, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 2: Betonzusatzmittel — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*

EN 996, *Rammausrüstung — Sicherheitsanforderungen*

EN 1008, *Zugabewasser für Beton — Festlegungen für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton*

EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1992 (alle Teile), *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*

EN 1993 (alle Teile), *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994 (alle Teile), *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*

EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

EN 1998 (alle Teile), *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 10025-2, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*

EN 10210 (alle Teile), *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 10219 (alle Teile), *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 10248 (alle Teile), *Warmgewalzte Spundbohlen aus unlegierten Stählen*

EN 10249 (alle Teile), *Kaltgeformte Spundbohlen aus unlegierten Stählen*

EN 12620, *Gesteinskörnungen für Beton*

EN 12794, *Betonfertigteile — Gründungspfähle*

EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

ISO/DIS 22477-1, *Geotechnical investigation and testing — Testing of geotechnical structures — Part 1: Pile load test by static axially loaded compression*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG 1 Die folgenden Begriffe gelten für die Ausführung von Bohrpfählen nach dieser Europäischen Norm. Ergänzende Erläuterungen von Begriffen zur Ausführung von Bohrpfählen sind in Anhang A aufgeführt.

ANMERKUNG 2 In diesen Begriffsbestimmungen wird der Begriff „Pfahl“ für Pfähle mit kreisrundem Querschnitt und der Begriff „Schlitzwandelement“ für Pfähle mit anderen Formen gebraucht. In beiden Fällen handelt es sich um Bohrpfähle.

3.1

Pfahl

fr pieu

en pile

schlankes Bauelement im Baugrund zum Übertragen von Einwirkungen

3.2

Bohrpfahl

fr pieu foré

en bored pile

Pfahl oder Schlitzwandelement (Barette), der/das im Baugrund mit oder ohne Verrohrung durch Bohren bzw. Aushub und Verfüllen des geschaffenen Hohlraumes mit Beton oder Stahlbeton hergestellt wird

3.3

Schlitzwandelement (Barette)

fr barrette

en barrette

Abschnitt einer Schlitzwand oder eine Anzahl sich überschneidender, gleichzeitig betonierter Schlitzwandlamellen (z. B. in L-, T- oder Kreuzform) zur Aufnahme von Vertikal- und/oder Horizontallasten

3.4

Schneckenbohrpfahl

fr pieu à la tarière continue creuse (CFA)

en continuous flight auger pile (CFA-pile)

Bohrpfahl, der mittels einer durchgehenden Bohrschnecke mit Seelenrohr hergestellt wird, wobei beim Ziehen der Schnecke Beton oder Mörtel durch das Seelenrohr gepumpt wird

ANMERKUNG Siehe Bild A.4.

3.5

Prepacked-Pfahl

fr pieu ballasté injecté

en prepacked pile

Pfahl, bei dem das gesamte Bohrloch mit groben Gesteinskörnungen verfüllt und anschließend mit Verpressmörtel vom Pfahlfuß her verpresst wird

3.6

Spitzendruckpfahl

fr pieu travaillant en pointe

en end-bearing pile

Pfahl, der die Einwirkungen hauptsächlich über den Pfahlfuß in den Baugrund leitet

3.7

Reibungspfahl

fr pieu flottant

en friction pile

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

3.8

Pfahlfußverpressung

fr injection sous la base

en pile base grouting

Einpressen von Verpressgut unter die Pfahlsole eines fertiggestellten Pfahles, um das Verhalten unter Last zu verbessern

3.9

Pfahlmantelverpressung

fr injection au niveau du fût

en pile shaft grouting

Einpressen von Verpressgut nach der Pfahlbetonierung zur Erhöhung der Mantelreibung; hierzu werden Verpressrohre verwendet, die üblicherweise zusammen mit der Bewehrung eingebracht werden

3.10

Bauwerkspfahl

fr pieu de fondation

en working pile

Pfahl für die Gründung eines Bauwerkes oder als Teil einer Bohrpfahlwand

3.11

Schrägpfahl

fr pieu incliné

en raking pile

Pfahl mit einer Neigung gegenüber der Horizontalen

ANMERKUNG Siehe Bild 4.

3.12

Pfahlschaftdurchmesser

fr diamètre du fût

en shaft diameter

Durchmesser des Pfahles im Bereich zwischen Pfahlkopf und Pfahlsole:

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

3.13

Fußaufweitung

fr base élargie

en enlarged base

Fuß eines Bohrpfahles, der so ausgebildet ist, dass seine Fläche größer als die Querschnittsfläche des Schaftes ist

ANMERKUNG Bei Bohrpfählen wird eine Fußaufweitung üblicherweise mit besonderem Räum- oder Schneidwerkzeug hergestellt (siehe Bild 3).

3.14

Betonierhöhe

fr niveau de bétonnage

en casting level

endgültige Höhe, bis zu der ein Bohrloch mit Beton gefüllt wird

ANMERKUNG Diese ist ein vom Herstellungsverfahren abhängiges Maß oberhalb der Kapphöhe.

3.15

planmäßige Pfahlkopfhöhe; Kapphöhe

fr niveau d'arase (recépage)

en cut-off level (trimming)

vorgeschriebene Höhe, bis zu der ein Bohrpfahl gekappt wird, bevor er mit dem Überbau verbunden wird

3.16

Leerböhrung

fr forage vide

en empty bore

Bohrstrecke von der Arbeitsebene bis zur planmäßigen Pfahlkopfhöhe

3.17

vorübergehende Verrohrung

fr tubage

en temporary casing

Stahlrohr zum Stützen eines Bohrloches (z. B. bei instabilen Bodenverhältnissen), das während oder nach der Einbringung des Betons gezogen wird

3.18

bleibende Verrohrung; dauerhafte Verrohrung

fr tubage permanent

en permanent casing

Stahlrohr zur Stützung eines Bohrloches (z. B. bei instabilen Bodenverhältnissen), das nicht gezogen wird, sondern als dauernde, vollständige Umhüllung eines Ortbetonbohrpfahles dient

ANMERKUNG Die bleibende Verrohrung wird Teil des Bohrpfahles und kann auch als schützendes oder last-abtragendes Element dienen.

3.19

Führungsrohr

Leitrohr

fr virole

en lead-in tube

kurze vorübergehende Verrohrung zur Stützung der Bohrlochwandung, um Nachbrechen des oberen Teils der Bohrung dicht unter der Arbeitsebene zu verhindern

3.20

Hülse

Hülsenrohr

fr gaine, chemise

en liner, lining

Rohr, meist aus dünnem Stahlblech, das einen Teil des Pfahlschafes bildet (z. B. zum Schutz des Pfahlschafes in weichem Baugrund oder um negative Mantelreibung zu verringern)

3.21

Stützflüssigkeit

fr fluide stabilisateur

en support fluid

Flüssigkeit, die während der Bohrung zur Stützung der Bohrlochwände und zum Spülen verwendet wird

ANMERKUNG In der Regel ist sie eine Bentonitsuspension oder eine Polymerlösung.

3.22

Betonierrohr

Schüttrohr

fr colonne de bétonnage

en concreting pipe

aus mehreren Teilen (Schüssen) zusammengesetztes Metallrohr, das oben mit einem Fülltrichter oder einer Schüttrinne ausgestattet ist und der Betoneinbringung unter trockenen Bedingungen dient

3.23

Kontraktorrohr

fr tube plongeur

en tremie pipe

Betonierrohr mit wasserdichten Kupplungen, um Beton unter Wasser einbringen zu können

3.24

Integritätsprüfung

fr essai d'intégrité

en integrity test

Versuch, der an einem fertiggestellten Bohrpfahl zum Nachweis der Mängelfreiheit des eingebrachten Materials und der Geometrie des Pfahles durchgeführt wird

3.25

Ultraschallversuch

fr essai d'auscultation sonique

en sonic test

Integritätsprüfung, 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

ANMERKUNG Es gibt verschiedene Arten von Ultraschallversuchen, mit denen die Geschwindigkeit von Schallwellen entweder entlang der Länge des Pfahles oder zwischen einem Sender und einem in der gleichen Höhe im Pfahlschaft angebrachten Empfänger ermittelt wird.

3.26

Prüfung mittels Kernbohrung

fr essai d'auscultation sonique par transparence

en coring test

Integritätsprüfung, die an einer Kernbohrung in einem Bohrpfahlschaft ausgeführt wird

3.27

Probepfahl (zur Ermittlung der Tragfähigkeit, Probebelastungspfahl)

fr pieu d'essai

en test pile

Bohrpfahl, auf den Lasten aufgebracht werden, um das Widerstands-Verformungs-Verhalten des Bohrpfahles und des umgebenden Baugrundes zu ermitteln

ANMERKUNG Abhängig von der Versuchsart kann der Probepfahl ein Bauwerkspfahl oder ein reiner Versuchspfahl sein.

3.28

Probepfahl (zur Prüfung der Ausführbarkeit, Eignungspfahl)

fr pieu de faisabilité

en trial pile

Bohrpfahl, der hergestellt wird, um die Durchführbarkeit und die Eignung des Herstellungsverfahrens für eine bestimmte Anwendung zu untersuchen

ANMERKUNG Ein Eignungspfahl kann auch als Probebelastungspfahl dienen.

3.29

statische Probelastung

fr essai de chargement statique de pieu

en static pile test

Belastungsversuch, bei dem ein Pfahl zur Ermittlung seiner Tragfähigkeit am Pfahlkopf angreifenden, vorher bestimmten axialen und/oder seitlichen Kräften unterworfen wird

3.30

lastgesteuerte Probelastung

fr essai de chargement de pieu par palier

en maintained load test; ML test

statische Probelastung, bei der ein Probepfahl in steigenden Laststufen beansprucht wird, die entweder eine bestimmte Zeit oder so lange konstant gehalten werden, bis die Pfahlbewegung nahezu beendet ist oder auf ein vorgegebenes Maß abgeklungen ist

3.31

weggesteuerte Probelastung

fr essai de chargement de pieu à vitesse d'enfoncement constante

en constant rate of penetration pile load test; CRP-test

statische Probelastung, bei der ein Probepfahl mit konstanter Eindringgeschwindigkeit in den Boden gedrückt und die hierfür nötige Kraft gemessen wird

3.32

dynamischer Pfahlversuch

fr essai de chargement dynamique de pieu

en dynamic pile load test

Belastungsversuch, bei dem ein Bohrpfahl zur Abschätzung seiner Tragfähigkeit am Kopf dynamisch beansprucht wird

3.33

Bohrkrone

Schneidring

fr trousse coupante

en cutting ring

unterer Rand der Verrohrung, meist verstärkt und mit Zähnen bestückt, um das Eindringen in den Baugrund zu erleichtern

3.34

Mörtel

Verpressgut

fr coulis

en grout

flüssige Mischung aus Zement und Wasser, die Gesteinskörnungen und Zusätze enthalten kann

3.35

Hindernis

Bohrhindernis

fr obstacle

en obstruction

natürliche(r) (oder künstliche(r)) harte(r) Bodenschicht, Block oder dergleichen, die/der besondere Werkzeuge oder Verfahren zum Bohren erfordert

3.36

Mantelreibung

fr frottement latéral

en skin (shaft) friction

Reibungs- und/oder Adhäsionswiderstand an einem Pfahl

3.37

negative Mantelreibung

fr frottement négatif

en negative skin friction; downdrag

Reibungs- und/oder Adhäsionskraft, die der umgebende Boden oder eine Auffüllung auf einen Pfahl als abwärtsgerichtete Last überträgt, wenn der Boden oder die Auffüllung sich gegenüber dem Pfahlschaft setzt

3.38

Felseinbindung

Pfahlfußeinbindung

fr ancrage

en socket

Fußbereich eines Bohrpfahles in hartem Untergrund (meist Fels)

3.39

Betondeckung

fr enrobage

en cover

Abstand zwischen der Oberfläche des Bewehrungskorbes und der nächstgelegenen Betonoberfläche

ANMERKUNG Die nächstgelegene Betonoberfläche ist die nächstgelegene, vom Aushubwerkzeug geformte Wandung des Aushubs.

3.40

bautechnische Unterlagen

fr spécifications d'exécution

en execution specification

Gesamtheit aller Zeichnungen, technischen Daten und Anforderungen, die für die Ausführung eines bestimmten Projekts erforderlich sind

ANMERKUNG Die bautechnischen Unterlagen sind kein einzelnes Dokument, sondern enthalten sämtliche Unterlagen, die zum Zweck der Durchführung der Bauarbeiten vom Planer an den Bauausführenden übergeben werden. Sie schließen die Projektspezifikation mit ein, die zur Ergänzung und näheren Bestimmung der Anforderungen dieser Europäischen Norm erarbeitet wurde, und enthalten Verweise auf nationale Regelungen, die am Ort der Verwendung maßgebend sind.

3.41

Projektspezifikation

fr spécifications de l'ouvrage

en project specification

Zusammenstellung der Anforderungen, die für ein bestimmtes Projekt gelten

4 Notwendige Informationen für die Ausführung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Vor der Ausführung sind alle wichtigen Informationen zur Verfügung zu stellen.

4.1.2 Diese Informationen sollten umfassen:

- alle rechtlichen oder gesetzlichen Einschränkungen;
- Angabe der Bau-Hauptachsen zur Absteckung;
- der Zustand von benachbarten Bauten, Straßen, Ver- und Entsorgungsleitungen usw. einschließlich der notwendigen Beweissicherung;
- ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem einschließlich Überprüfung, Überwachung und Prüfungen.

4.1.3 Sofern maßgebend, müssen die Informationen zu den Baustellenverhältnissen folgende Punkte umfassen:

- die Geometrie der Baustelle (z. B. Randbedingungen, Topographie, Zugang, Geländeneigung, Höhenbeschränkungen usw.);
- bestehende unterirdische Bauten und Fundamente, Ver- und Entsorgungsleitungen, bekannte Kontaminationen des Baugrundes, archäologische Beschränkungen;
- Einschränkungen aus Umweltschutzgründen, z. B. hinsichtlich Lärm, Erschütterungen oder Verschmutzungen;
- künftige oder gleichzeitige Arbeiten, z. B. Grundwasserhaltungen, Tunnelbau, tiefe Baugruben.

4.2 Besondere Punkte

4.2.1 Sofern maßgebend, müssen folgende besondere Punkte enthalten sein:

- die bautechnische Unterlagen (siehe 3.40);
- die frühere Nutzung des Grundstückes;
- benachbarte Gründungen (Art, Lasten und Geometrie);
- geotechnische Informationen und Daten, wie in Abschnitt 5 festgelegt;
- Vorkommen von Hindernissen im Baugrund (Mauerwerkreste, Verankerungen usw.);
- vorhandene Höhenbeschränkungen;
- Vorhandensein von historischen Bauwerksresten;
- Vorhandensein von natürlichen und/oder künstlichen Hohlräumen (Bergwerke usw.);
- Vorhandensein von Altlasten im Baugrund;
- alle besonderen Anforderungen an die Pfahlausführung, insbesondere Anforderungen bezüglich der Toleranzen und Materialgüte;
- sofern vorhanden, frühere Erfahrungen mit Bohrpfählen oder anderen Gründungsarten oder geotechnischen Arbeiten auf dem betreffenden Grundstück oder auf den benachbarten Grundstücken;
- geplante Vorarbeiten in unmittelbarer Umgebung, z. B. Unterfangungen, Bodenverbesserung, Grundwasserhaltung;
- technische Anforderungen an die Wasserdichtigkeit der Fugen von Bohrpfahlwänden;
- technische Anforderungen an das Material zwischen den Bohrpfählen im Fall von Bohrpfahlwänden mit einem Abstand größer als der Pfahldurchmesser D (siehe Bild 6).

4.2.2 Notwendigkeit, Umfang, Durchführung und Inhalt der Beweissicherung des Zustandes von benachbarten Bauten, Straßen, Ver- und Entsorgungsleitungen usw. sind festzulegen.

4.2.3 Die Beweissicherung muss vor Beginn der Bauarbeiten durchgeführt sein und vorliegen. Schlussfolgerungen aus der Beweissicherung sind zur Festlegung der Grenzwerte für Bewegungen festzulegen, die durch die Bauarbeiten ausgelöst werden und die benachbarten Bauwerke beeinflussen können.

4.2.4 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.

ANMERKUNG Solche zusätzlichen Anforderungen können sein:

- reduzierte oder vergrößerte geometrische Herstellungstoleranzen;
- Verwendung anderer oder veränderter Baustoffe;
- Verwendung von Betonfertigteilen;
- besondere Verankerung oder Verdübelung von Bohrpfählen in Fels;
- besondere Bewehrung, wie Stahlrohre, Stahlprofile oder Stahlfasern;
- Mantel- oder Fußverpressungen;
- Kappen der Pfahlköpfe mit schwerem Gerät;
- umfangreicher Handaushub.

5 Baugrunduntersuchungen

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die Baugrunduntersuchungen müssen die in EN 1997 (alle Teile) festgelegten Anforderungen erfüllen.

ANMERKUNG 1 Die Tiefe und der Umfang der Baugrunduntersuchungen sollten ausreichend sein, um alle Baugrundformationen und Schichten, die sich auf das Bauwerk auswirken, festzustellen, die maßgeblichen Eigenschaften des Baugrundes zu bestimmen und die Baugrundbedingungen zu erkennen (z. B. wenn die Tragfähigkeit auf Spitzenwiderstand beruht, sollte nachgewiesen werden, dass eine tragfähige Schicht nicht direkt von einer weicheeren Schicht unterlagert wird, wenn die Möglichkeit des Durchstanzens oder von übermäßigen Bewegungen besteht).

ANMERKUNG 2 Bei der Festlegung des Umfanges der Baugrunderkundung sollten relevante Erfahrungen bei der Ausführung von vergleichbaren Gründungsarbeiten unter ähnlichen Verhältnissen und/oder in der Umgebung der Baustelle berücksichtigt werden. (Die Übertragung einschlägiger Erfahrungen ist gestattet, wenn geeignete Mittel zur Bestätigung angewendet werden, z. B. Sondierungen, Pressiometer- oder andere Versuche).

ANMERKUNG 3 EN 1997-2 enthält Angaben über die Tiefe und den Umfang der Untersuchungen.

5.1.2 Der geotechnische Untersuchungsbericht (Baugrundgutachten) muss rechtzeitig vorliegen, um eine zuverlässige Bemessung und Ausführung der Bohrpfähle (z. B. Wahl des Ausführungsverfahrens) zu ermöglichen.

5.1.3 Die Baugrunduntersuchungen sind zu prüfen, um festzustellen, ob sie für die Bemessung und Ausführung der Bohrpfähle ausreichend sind.

5.1.4 Sind die Baugrunduntersuchungen nicht ausreichend, ist eine zusätzliche Untersuchung durchzuführen.

5.2 Besondere Anforderungen

5.2.1 Besondere Aufmerksamkeit ist auf folgende Gesichtspunkte zu richten, die für die Ausführung von Bohrpfählen relevant sind:

- die Geländehöhe bezogen auf die anerkannte nationale Bezugshöhe oder einen festgelegten Bezugspunkt an allen Stellen, an denen Baugrunduntersuchungen oder Feldversuche durchgeführt wurden;

- Wasserdruckhöhen aller Grundwasserstockwerke und Durchlässigkeit der Böden;
- Vorkommen von grobkörnigen, stark durchlässigen Böden oder von Hohlräumen (natürlich oder künstlich), die einen plötzlichen Verlust der Stützflüssigkeit und eine Destabilisierung des Bohrloches während des Aushubs oder ein plötzliches Absacken des Betons während des Einbringens verursachen können, und daher besondere Maßnahmen erfordern können;
- Vorkommen, Festigkeit und Verformungswerte weicher Böden, wie Ton und Torf von breiiger Konsistenz, die Schwierigkeiten beim Aushub oder beim Betonieren verursachen können (Verformung, Einsturz);
- Vorkommen von Blöcken oder Hindernissen, die beim Aushub Schwierigkeiten bereiten können und eine Beurteilung ihrer Größe und Häufigkeit, sofern zutreffend;
- Vorkommen, Lage und Festigkeit von hartem Fels oder anderer harter Stoffe, die beim Aushub Schwierigkeiten bereiten und den Einsatz von speziellem Werkzeug erfordern können;
- Vorkommen, Ausdehnung und Mächtigkeit aller Schichten, die empfindlich auf Wasser oder Beanspruchung durch Bohrwerkzeuge (z. B. Stoß, Erschütterung oder Schwingungen) reagieren können;
- Baugrundsichten, in denen eine hohe Grundwassergeschwindigkeit herrscht;
- schädliche chemische Bestandteile im Grundwasser, Boden und Fels sowie die Wassertemperaturen sofern gefordert;
- schädliche chemische Bestandteile von Auffüllungen;
- Vorhandensein von vorbehandelten Böden, die sich während des Aushubs ungünstig auswirken können;
- Bergbau unter der Baustelle; und
- Standsicherheitsprobleme im Bereich der Baustelle (z. B. Standsicherheit von Böschungen).

5.2.2 Die Wasserdruckhöhen der verschiedenen Grundwasserstockwerke im Bereich der Baustelle sind gesondert und über einen ausreichenden Zeitraum zu überwachen, um die höchsten Wasserstände einzuschätzen, die während der Herstellung der Pfähle auftreten können.

5.2.3 Besondere Aufmerksamkeit ist auf artesische Bedingungen zu richten.

5.2.4 Die Festigkeit von Boden und Fels ist durch Labor- und/oder durch Feldversuche über die ganze Länge der Bohrpfähle und bis zu einer bestimmten Tiefe unterhalb des Bohrpfahlfußes zu ermitteln.

ANMERKUNG Die Erkundungstiefe richtet sich nach der Art des Baugrundes und der Funktion der Bohrpfähle (ob für Gründungen oder Stützbauwerke).

5.2.5 Wenn gefordert wird, dass Bohrpfähle auf Fels abgesetzt werden oder in ihn einbinden, ist die Höhe der Felsoberfläche zu bestimmen.

ANMERKUNG Die zu untersuchende Fläche hängt von der Funktion der Bohrpfähle ab (ob für Gründungen oder Stützbauwerke).

5.2.6 Wenn gefordert wird, dass Bohrpfahlwände auf Fels abgesetzt werden oder in ihn einbinden, sind die Eigenschaften des Fels einschließlich des Verwitterungsgrades sowie Umfang und Richtung der Klüftung abzuschätzen.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Ausgangsstoffe

6.1.1 Allgemeines

6.1.1.1 Die Baustoffe müssen den Anforderungen der betreffenden Europäischen Normen, den am Ort der Verwendung geltenden Bestimmungen und den Vorgaben der Projektspezifikation entsprechen.

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

6.1.2 Bentonit

6.1.2.1 Es sollte zwischen Calciumbentonit, natürlichem Natriumbentonit und aktiviertem Bentonit unterschieden werden. Letzterer ist ein Natriumbentonit, der durch Ionenaustausch aus natürlichem Calciumbentonit gewonnen wird.

ANMERKUNG 1 Bentonit ist ein Ton, der hauptsächlich aus dem Mineral Montmorillonit besteht.

ANMERKUNG 2 Bentonit wird in Stützflüssigkeiten entweder in Form einer reinen Bentonitsuspension oder zusätzlich zu Polymerlösungen verwendet. Er wird auch als Bestandteil von selbsterhärtenden Suspensionen und von Tonbeton eingesetzt.

6.1.2.2 Der in Bentonitsuspensionen verwendete Bentonit darf keine schädlichen Bestandteile in solchen Mengen enthalten, die die Bewehrung oder den Beton beeinträchtigen können.

6.1.2.3 Die chemische und mineralogische Zusammensetzung des Bentonits muss bekannt sein.

6.1.3 Polymere

Polymere können in Stützflüssigkeiten als einzige Ausgangsstoffe oder als Zusätze zur Verbesserung der rheologischen Eigenschaften verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Polymere sind Stoffe aus Kettenmolekülen, die ihrerseits aus Monomeren bestehen.

ANMERKUNG 2 Es gibt verschiedene Arten von Polymeren, von natürlichen Gummiharzen bis zu speziell angefertigten Mischungen von synthetischen Produkten.

6.1.4 Zement

6.1.4.1 Zemente für Bohrpfähle müssen zu folgenden Typen nach EN 197-1:2000 gehören:

— Portlandzement	CEM I;
— Portlandhüttenzement	CEM II/A-S und II/B-S;
— Portlandsilicastaubzement	CEM II/A-D;
— Portlandpuzzolanzement	CEM II/A-P und II/B-P;
— Portlandflugaschezement	CEM II/A-V und II/B-V;
— Portlandschieferzement	CEM II/A-T und II/B-T;
— Portlandkalksteinzement	CEM II/A-LL;
— Portlandkompositzement	CEM II/A-M (S-V) und CEM II/B-M (S-V);
— Portlandkompositzemente	CEM II/A-M (S-LL, V-LL) und CEM II/B-M (S-LL, V-LL);
— Hochofenzement	CEM III/A, III/B und III/C.

6.1.4.2 Andere Zementarten dürfen verwendet werden, wenn sie in den bautechnischen Unterlagen gefordert werden und ihre Leistungsfähigkeit für die betreffenden Verhältnisse nach EN 206-1 erwiesen ist.

6.1.4.3 Die Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (d. h. frei von C_3A -Tricalciumaluminat) muss den Bestimmungen am Ort der Verwendung entsprechen.

ANMERKUNG 1 Zemente mit hohem Sulfatwiderstand werden zum Beispiel in kühlen und nassen Umgebungen bei Vorhandensein von Sulfat verwendet (z. B. in Bauwerken, die Meereswasser ausgesetzt sind).

ANMERKUNG 2 Sofern keine Europäische Norm und keine örtlichen Vorschriften vorliegen, sind vergleichbare Erfahrungen und/oder besondere Untersuchungen erforderlich.

6.1.4.4 Tonerdeschmelzzement darf nicht verwendet werden.

6.1.4.5 Die Verwendung von Zement CEM II oder CEM III bzw. der teilweise Ersatz von Zement CEM I durch Zusatzstoffe vom Typ II wird empfohlen, da sich diese vorteilhaft auf den Beton auswirken, z. B. durch

- verbesserte Verarbeitbarkeit,
- verminderte Wärmeentwicklung während des Erstarrens;
- verbesserte Dauerhaftigkeit und
- geringere Wasserabgabe.

ANMERKUNG 1 Die Verwendung von Zement CEM III oder der Ersatz von Zement CEM I durch Hüttensand kann zu einer verringerten Wasserdurchlässigkeit führen.

ANMERKUNG 2 Bei Zementen mit einer Mahlfineinheit nach Blaine von $\geq 3\,800\text{ cm}^2/\text{g}$ ist die Wasserabsonderung in der Regel weniger ausgeprägt.

6.1.4.6 Zusatzstoffe vom Typ II einschließlich Flugasche, Silicastaub (wie in EN 206-1:2000 festgelegt) und Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke) dürfen auf den Zementgehalt angerechnet werden.

6.1.4.7 Die äquivalenten Wasserzementwerte der Zusatzstoffe sind mit dem k -Wert-Ansatz nach EN 206-1:2000 festzustellen. Alternativ dürfen Hüttensand und andere Zusatzstoffe nach dem Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit verwendet werden.

6.1.5 Gesteinskörnungen

Gesteinskörnungen müssen EN 12620 und EN 206-1 entsprechen.

6.1.6 Zugabewasser

Zugabewasser muss EN 1008 und EN 206-1 entsprechen.

6.1.7 Zusatzstoffe

Die Verwendung von Zusatzstoffen muss EN 206-1 entsprechen.

6.1.8 Zusatzmittel

6.1.8.1 Zusatzmittel müssen EN 934-2 entsprechen.

6.1.8.2 Sofern keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen, muss die Anwendung von Zusatzmitteln den nationalen Normen und/oder den Bestimmungen, die am Ort der Verwendung des Betons gelten, entsprechen.

6.1.8.3 Zusatzmittel sind nach der Projektspezifikation und den Herstellerangaben zu verwenden.

6.2 Stützflüssigkeiten

6.2.1 Bentonitsuspensionen

6.2.1.1 Bentonitsuspensionen sind entweder mit natürlichem oder mit aktiviertem Natriumbentonit herzustellen.

6.2.1.2 In bestimmten Fällen, z. B. wenn die Dichte der Suspension erhöht werden muss, dürfen geeignete inerte Stoffe zugegeben werden.

6.2.1.3 Sofern keine besonderen Umstände (siehe Anmerkung 1) vorliegen, müssen Bentonitsuspensionen im frischen Zustand die Bedingungen der Tabelle 1 und Bentonitsuspensionen vor der Wiederverwendung bzw. vor dem Betonieren die Bedingungen der Tabelle 2 erfüllen.

ANMERKUNG 1 Besondere Umstände sind z. B.:

- Böden oder Fels mit hoher Durchlässigkeit oder mit Hohlräumen, die zu Suspensionsverlusten führen können;
- hohe Grundwasserdrücke (gespannte oder artesische Bedingungen);
- lockerer Sand oder weiche Böden (typischerweise mit $q_c < 300$ kPa oder $c_u < 15$ kPa);
- Vorhandensein von Salzwasser.

ANMERKUNG 2 Eine Bentonitsuspension mit ausreichender Fließgrenze kann erforderlich sein, z. B. um die Eindringung in den Boden einzuschränken.

6.2.1.4 Für den Zustand vor dem Betonieren ist in besonderen Fällen, wie z. B. bei Salzwasser oder bei sehr weichen Böden, ein Wert bis zu $1,20 \text{ g/cm}^3$ für die Dichte erlaubt.

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

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

Tabelle 1 — Eigenschaften von Bentonitsuspensionen im frischen Zustand

Eigenschaft ^a	Werte
Dichte, in g/cm^3	< 1,10
Marsh-Zeit, in s	32 bis 50
Filtratwasserabgabe, in cm^3	< 30
pH-Wert	7 bis 11
Filterkuchendicke, in mm	< 3
^a Für die Prüfverfahren siehe Tabelle 2, Anmerkungen a bis c.	

Tabelle 2 — Eigenschaften von Bentonitsuspensionen

Eigenschaft ^a	Zustand	
	zur Wiederverwendung	vor dem Betonieren
Dichte, in g/cm ³	nicht anzuwenden	< 1,15
Marsh-Zeit ^b , in s	32 bis 60	32 bis 50
Filtratwasserabgabe ^c , in cm ³	< 50	nicht anzuwenden
pH-Wert ^d	7 bis 12	nicht anzuwenden
Sandgehalt, in Volumen-%	nicht anzuwenden	< 4
Filterkuchendicke, in mm	< 6	nicht anzuwenden
^a Die Marsh-Zeit, die Filtratwasserabgabe, der Sandgehalt und der Filterkuchen können z. B. mit den Prüfungen nach EN ISO 13500 ermittelt werden. ^b Die Marsh-Zeit ist die Zeit, die ein Volumen von 946 ml der Betonitsuspension benötigt, um aus dem Marsh-Trichter auszulaufen. Ein Volumen von 1 000 ml darf verwendet werden; in diesem Fall müssen die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Marsh-Zeiten entsprechend angepasst werden. ^c Die Dauer der Prüfung der Filtratwasserabgabe darf für Regelkontrollprüfungen auf 7,5 min reduziert werden. In diesem Fall müssen die Werte für die Filtratwasserabgabe und für den Filterkuchen entsprechend angepasst werden. Die Filtratwasserabgabe für die Prüfung mit einer Dauer von 7,5 min beträgt etwa die Hälfte vom Wert, der nach 30 min erreicht wird. ^d Anhaltswerte.		

6.2.2 Polymerlösungen

6.2.2.1 Polymere können in Verbindung mit Bentonit oder allein für die Herstellung einer Stützflüssigkeit verwendet werden.

6.2.2.2 Die Verwendung von Polymerlösungen muss auf der Grundlage von Versuchsbohrungen im Originalmaßstab auf der Baustelle oder vergleichbarer Erfahrung unter ähnlichen oder ungünstigeren geotechnischen Bedingungen erfolgen.

ANMERKUNG In EN 1997-1 wird vergleichbare Erfahrung als Erfahrung definiert, die mit ähnlichen Bauwerken unter ähnlichen Bedingungen gewonnen wurde sowie ausführlich dokumentiert oder auf andere Weise eindeutig belegt ist.

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

6.3 Beton

6.3.1 Allgemeines

6.3.1.1 Sofern nicht anders festgelegt, muss Beton, der für Bohrpfähle aus Ortbeton verwendet wird, den Anforderungen nach EN 206-1 entsprechen.

6.3.1.2 Ortbeton muss so zusammengesetzt sein, dass er sich beim Einbringen nur minimal entmischt, leicht um die Bewehrung fließt und, nach dem Erstarren, ein dichtes Material geringer Wasserdurchlässigkeit bildet.

6.3.1.3 Der Beton muss im erhärteten Zustand den Anforderungen an die Festigkeit und Dauerhaftigkeit und im frischen Zustand den Anforderungen an die Konsistenz entsprechen.

ANMERKUNG 1 Die Druckfestigkeitsklassen für erhärteten Beton sind in EN 206-1:2000 angegeben. Der Bereich, der in der Regel für Bohrpfähle verwendet wird, liegt zwischen C20/25 und C45/55.

ANMERKUNG 2 Für die Primärpfähle für Pfahlwände wird üblicherweise Beton oder Mörtel einer niedrigeren Festigkeitsklasse verwendet (siehe Bild 6).

ANMERKUNG 3 Beton mit einer höheren Festigkeit darf verwendet werden.

6.3.2 Gesteinskörnungen

6.3.2.1 Um die Entmischung zu minimieren, dürfen Gesteinskörnungen keine Ausfallkörnung aufweisen; runde Gesteinskörnungen werden bevorzugt.

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

6.3.2.3 Der Feinkornanteil muss der Tabelle 3 entsprechen.

6.3.2.4 Gefrorene Gesteinskörnungen sind so zu erwärmen, dass kein anhängendes Eis oder Reif in die Mischung gelangt.

6.3.3 Zementgehalt

6.3.3.1 Der Zementgehalt von Beton für Bohrpfähle muss der Tabelle 3 entsprechen.

6.3.3.2 Bei Gesteinskörnungen kleiner als 4 mm sollte der Zementgehalt erhöht werden.

Tabelle 3 — Mindestzementgehalt und Feinkornanteil von Beton

Zementgehalt:	
Einbringen im Trockenen	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
Einbringen unter Wasser	$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Feinkornanteil^a	
Größtkorn $d > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
Größtkorn $d \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$
^a Feinanteil: $d < 0,125 \text{ mm}$ (einschließlich Zusatzstoffen und Zement).	

6.3.4 Wasserzementwert

6.3.4.1 Der Wasserzementwert muss EN 206-1 entsprechen.

6.3.4.2 Der Wasserzementwert darf 0,60 nicht überschreiten.

6.3.4.3 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.

6.3.5 Zusatzmittel

6.3.5.1 Die verwendeten Zusatzmittel müssen EN 206-1 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Übliche Betonzusatzmittel sind:

- Betonverflüssiger;
- Fließmittel und
- Erstarrungsverzögerer.

ANMERKUNG 2 Zusatzmittel werden verwendet:

- um eine Betonmischung mit hoher Plastizität zu erreichen;
- um die Fließfähigkeit des Betons zu verbessern;
- um die Wasserabgabe auf ein Mindestmaß zu reduzieren und um Nesterbildungen oder Entmischen zu vermeiden, die Folge eines hohen Wassergehaltes sein können;
- um die Zeit der Verarbeitbarkeit so zu verlängern, wie es für das Betonieren erforderlich ist, und als Vorsorge für etwaige Unterbrechungen des Betonvorganges.

ANMERKUNG 3 Eine unsachgemäße Anwendung von Zusatzmitteln kann Schäden verursachen.

6.3.5.2 Beton mit einer Konsistenzklasse F5 oder höher (bzw. S4 oder höher) darf ohne Fließmittel hergestellt werden.

6.3.5.3 Wenn Bohrpfähle 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.

6.3.6 Frischbeton

6.3.6.1 Der Beton für Bohrpfähle muss haben:

- einen hohen Widerstand gegen Entmischung;
- eine hohe Plastizität und einen guten Zusammenhalt;
- eine gute Fließfähigkeit;
- die Fähigkeit, sich selbst ausreichend zu verdichten; und
- eine ausreichende Verarbeitbarkeit für die Dauer des Betonierens und das Ziehen einer vorübergehenden Verrohrung.

6.3.6.2 Zur Bewertung der Konsistenz des Frischbetons kann die Prüfung zur Bestimmung des Setzmaßes oder der Ausbreitversuch angewendet werden. Es gilt das in EN 206-1:2000 festgelegte Konzept der Zielwerte.

6.3.6.3 Die Zielwerte und Toleranzen für die Konsistenz von Frischbeton vor dem Einbringen müssen für unterschiedliche Einbaubedingungen Tabelle 4 entsprechen.