

**DIN EN 14199**

ICS 93.020

Ersatz für  
DIN EN 14199:2005-05

**Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) –  
Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle);  
Deutsche Fassung EN 14199:2005**

Execution of special geotechnical works –  
Micropiles;  
German version EN 14199:2005

Exécution des travaux géotechniques spéciaux –  
Micropieux;  
Version allemande EN 14199:2005

Gesamtumfang 50 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## **Nationales Vorwort**

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ (Sekretariat: Frankreich, Vorsitz: Deutschland) in der Arbeitsgruppe WG 8 „Mikropfähle“ erarbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der NABau-Arbeitsausschuss NA 005-05-07 AA „Baugrund, Pfähle“ zuständig.

Dieses Dokument beinhaltet die Deutsche Fassung EN 14199:2005, deren Übersetzung zum Teil berichtigt wurde.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN 4128:1983-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) grundlegende Überarbeitung unter den Gesichtspunkten einer Europäischen Harmonisierung;
- b) Berücksichtigung der DIN EN 1997-1 hinsichtlich der Ausführung von Pfählen mit kleinen Durchmessern.

Gegenüber DIN EN 14199:2005-05 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) im gesamten Dokument wurden Übersetzungskorrekturen vorgenommen.

### **Frühere Ausgaben**

DIN 4128: 1983-04  
DIN EN 14199: 2005-05

ICS 93.020

Deutsche Fassung

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten  
(Spezialtiefbau) —  
Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)

Execution of special geotechnical works —  
Micropiles

Exécution de travaux géotechniques spéciaux —  
Micropieux

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 27. Oktober 2004 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 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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: rue de Stassart, 36 B- 1050 Brüssel

## Inhalt

Seite

Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen .....	6
3 Begriffe.....	7
4 Voraussetzungen für die Herstellung von Mikropfählen .....	11
4.1 Allgemeines .....	11
4.2 Besondere Angaben zur Herstellung von Mikropfählen: .....	12
4.3 Tätigkeiten .....	12
5 Baugrunduntersuchungen .....	13
5.1 Allgemeines .....	13
5.2 Besondere Anforderungen .....	13
6 Baustoffe und Bauprodukte.....	14
6.1 Allgemeines .....	14
6.2 Bewehrung und Tragglieder .....	14
6.2.1 Stahl für Bewehrungskörbe .....	14
6.2.2 Stahl für Tragglieder .....	15
6.2.3 Weitere Baustoffe für Bewehrung und Tragglieder.....	15
6.3 Baustoffe für Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton und Beton .....	15
6.3.1 Zement .....	15
6.3.2 Gesteinskörnungen .....	15
6.3.3 Wasser .....	15
6.3.4 Zusatzmittel und Zusatzstoffe .....	16
6.4 Verpressmörtel.....	16
6.4.8 Qualitätskontrolle .....	16
6.5 Zementmörtel/Feinkornbeton und Beton .....	17
6.5.1 Zementmörtel/Feinkornbeton und Ortbeton .....	17
6.5.2 Andere Betone .....	17
6.6 Abstandhalter, Zentrierer und andere Komponenten .....	17
6.7 Beschichtungen und Korrosionsschutzmassen .....	18
7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung.....	18
7.1 Allgemeines .....	18
7.2 Herstellungsbedingte Maßabweichungen .....	18
7.3 Herstellung und Einbau.....	19
7.4 Bewehrung.....	19
7.5 Verbindungselemente .....	20
7.6 Korrosionsschutz von Stahlteilen.....	20
7.7 Abstandhalter und Zentrierer .....	21
7.8 Pfahlaufweitungen .....	21
7.9 Anschluss an das aufgehende Tragwerk .....	21
7.10 Abstände zwischen den Mikropfählen.....	21
7.11 Besondere Anforderungen für Mikropfähle in sehr weichen Böden.....	22
7.12 Pfahlschuhe.....	22
8 Ausführung.....	22
8.1 Allgemeines .....	22
8.2 Baustellenvorbereitung.....	23
8.3 Herstellungsablauf.....	23
8.4 Bohrarbeiten.....	23
8.4.1 Allgemeines .....	23

8.4.2	Spülen .....	24
8.4.3	Bohrlochstützung durch Verrohrung .....	24
8.4.4	Bohren mit durchgehender Bohrschnecke .....	25
8.5	Einbringen im Verdrängungsverfahren.....	25
8.6	Aufweitungen .....	25
8.7	Bewehrung und Tragglieder .....	25
8.7.1	Handhabung und Lagerung.....	25
8.7.2	Verbindungen.....	26
8.7.3	Abstandhalter und Zentrierer .....	26
8.7.4	Einbau der Bewehrung oder Tragglieder .....	26
8.8	Verfüllen und Verpressen .....	27
8.8.1	Allgemeines.....	27
8.8.2	Herstellung des Verpressmörtels .....	27
8.8.3	Bohrlochprüfung und Vorverpressung .....	28
8.8.4	Verfüllen des Bohrlochs mit Verpressmörtel .....	28
8.8.5	Verpressung in einem Schritt durch eine temporäre Verrohrung .....	28
8.8.6	Verpressung in einem Schritt durch ein Tragglied .....	28
8.8.7	Verpressen und Verfüllen während des Einbringens im Verdrängungsverfahren.....	28
8.8.8	Verpressen während des Bohrens .....	29
8.8.9	Nachverpressen.....	29
8.9	Betonieren .....	29
8.10	Kappen der Pfahlköpfe .....	29
9	Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen.....	30
9.1	Bauüberwachung.....	30
9.2	Kontrolle der Herstellung von Mikropfählen .....	30
9.3	Mikropfahlversuche.....	30
9.3.1	Allgemeines.....	30
9.3.2	Statische Probelastungen .....	31
9.3.3	Dynamische Probelastungen und Integritätsprüfungen .....	32
10	Aufzeichnungen.....	32
10.1	Allgemeines.....	32
10.2	Aufzeichnungen bei der Mikropfahlherstellung .....	32
10.3	Aufzeichnungen für Mikropfahlversuche.....	34
11	Besondere Anforderungen .....	35
<b>Anhang A (informativ) Herstellungsverfahren von Mikropfählen .....</b>		<b>40</b>
A.1	<b>Gebohrte Mikropfähle.....</b>	<b>40</b>
A.2	<b>Verdrängungsmikropfähle (Eingebrachte Mikropfähle) .....</b>	<b>41</b>
<b>Anhang B (informativ) Richtwerte für die Maßabweichungen bei der Herstellung .....</b>		<b>42</b>
<b>Anhang C (informativ) Mindestüberdeckung der Bewehrung und Tragglieder aus Stahl niedriger Festigkeit für Mikropfähle unter Berücksichtigung der Expositionsklasse nach EN 206-1 .....</b>		<b>43</b>
<b>Anhang D (informativ, ist zur Beurteilung des Korrosionsschutzes von Mikropfählen nicht anzuwenden) Angaben zur Korrosionsgeschwindigkeit.....</b>		<b>44</b>
<b>Anhang E (informativ) Bohrlochprüfungen und Vorverpressung.....</b>		<b>45</b>
<b>Anhang F (informativ) Pfahlherstellungsprotokoll für gebohrte Mikropfähle.....</b>		<b>46</b>
<b>Anhang G (informativ) Pfahlherstellungsprotokoll für Verdrängungsmikropfähle.....</b>		<b>47</b>
<b>Literaturhinweise .....</b>		<b>48</b>

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN 14199:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2005 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.

Das Aufgabengebiet von CEN/TC 288 umfasst die Normung der Verfahren zur Ausführung von geotechnischen Arbeiten (einschließlich Prüfungen und Überwachungsverfahren) und der erforderlichen Materialeigenschaften. CEN/TC 288/WG 8 wurde beauftragt, eine Norm auf dem Gebiet der Mikropfähle zu erstellen.

Das Dokument wurde in Anlehnung an EN 1997-1 erarbeitet. Abschnitt 7 dieser Norm behandelt die Aspekte, die zur Bemessung und Nachweisführung von Mikropfählen benötigt werden.

Die Norm wurde von einer Arbeitsgruppe erarbeitet, die aus Delegierten aus 14 Ländern besteht; sie beruht auf bestehenden nationalen und internationalen Ausführungsnormen.

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

## 1 Anwendungsbereich

1.1 Dieses Dokument gilt für die Herstellung

- von gebohrten Mikropfählen mit einem maximalen Schaftdurchmesser von 300 mm und
- von Verdrängungspfählen mit einer maximalen Querschnittsabmessung von 150 mm.

1.2 Mit Hilfe von Mikropfählen werden Kräfte in den Baugrund eingeleitet. Sie können Tragglieder beinhalten, um direkt oder indirekt Lasten abzuführen, oder um Verformungen zu begrenzen. Mantel- und Fußwiderstand von Mikropfählen können durch Verpressung erhöht werden. Bei der Herstellung kann auf verschiedene Konstruktionsformen zurückgegriffen werden (siehe Bild 1):

- einheitlicher Querschnitt auf gesamter Länge; oder
- teleskopartige Querschnittsänderung;
- Schaftaufweitungen; und/oder
- Fußaufweitung.

1.3 Es bestehen keine Beschränkungen hinsichtlich Länge, Neigung (Definition siehe Bild 2), Schlankheitsgrad oder Fuß- bzw. Schaftaufweitungen außer den herstellungsbedingten Vorgaben.

1.4 Die Bestimmungen in diesem Dokument gelten für (siehe Bild 3):

- einzelne Mikropfähle;
- Gruppen von Mikropfählen;
- Netzwerke von Mikropfählen;
- Wände aus Mikropfählen.

1.5 Mikropfähle können durch Bohr- oder Verdrängungsverfahren oder durch eine Kombination dieser Verfahren in den Baugrund eingebracht werden.

1.6 Mikropfähle können aus folgenden Materialien bestehen:

- Stahl oder anderen Bewehrungsmaterialien;
- Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton;
- eine Kombination der oben genannten Materialien.

1.7 Mikropfähle können eingesetzt werden:

- für Arbeiten unter schwer zugänglichen und beengten räumlichen Bedingungen;
- für Gründungen neuer Tragwerke (besonders in sehr heterogenem Boden oder Fels);
- als Bewehrung oder Verstärkung bestehender Tragwerke zur Erhöhung der Tragfähigkeit, um Lasten unter der Maßgabe verträglicher Setzungen in den Baugrund abzuleiten, z. B. für Unterfangungen;
- um Setzungen und/oder Verschiebungen zu verringern;
- um eine Stützwand herzustellen;

- als Baugrundbewehrung, um Trag- und/oder Stützkörper herzustellen;
- um die Standsicherheit von Geländesprüngen bzw. Böschungen zu verbessern;
- zur Sicherung gegen Aufschwimmen;
- für andere Anwendungen, für die der Einsatz von Mikropfählen angemessen ist.

**1.8** Dieses Dokument gilt nicht für nach EN 14679 hergestellte Tiefreichende Bodenstabilisierungen und Holzpfähle. Mit Hilfe des Düsenstrahlverfahrens hergestellte Säulen werden durch EN 12716 abgedeckt, Verpressanker durch EN 1537.

## **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, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 206-1, *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 — Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich Wasser, das aus Verfahren der Betonherstellung zurückgewonnen wurde, wie Zugabewasser für Beton*

EN 1536:1999, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Bohrpfähle*

EN 1537:1999, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verpressanker*

EN 1991-1, *Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1992-1-1, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau*

EN 1993-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*

EN 1994-1-1, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Regeln für den Hochbau*

EN 1997-1:2004, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen*



EN 10080, *Betonbewehrungsstahl — Schweißgeeigneter gerippter Betonstahl B 500 — Technische Lieferbedingungen für Stäbe, Ringe und geschweißte Matten*

prEN 10138-4, *Spannstähle — Teil 4: Warmgewalzte und behandelte Stäbe*

EN 10210, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 12699:2000, *Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verdrängungspfähle*

EN 12794, *Betonfertigteile — Gründungspfähle*

EN ISO 11960, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Stahlrohre zur Verwendung als Futter- oder Steigrohre für Bohrungen (ISO 11960:2004)*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Mikropfahl**

en: micropile

fr: micropieu

Pfähle mit einem kleinen Durchmesser (kleiner als 300 mm Schaftdurchmesser für gebohrte Pfähle und maximal 150 mm Schaftdurchmesser bzw. Querschnittsbreite bei Verdrängungsmikropfählen)

#### 3.2

##### **Fußaufweitung**

en: enlarged base

fr: base élargie

Fuß eines Mikropfahles, der so aufgeweitet ist, dass der Querschnitt des Fußes größer als der Schaftquerschnitt ist

#### 3.3

##### **Schaftdurchmesser**

en: shaft diameter

fr: diamètre du fût

der Schaftdurchmesser des Mikropfahles ist der Durchmesser im Bereich zwischen Kopf und Fuß. Er entspricht

- a) für Pfähle, die mit Verrohrung hergestellt sind, dem größten Außendurchmesser der Verrohrung,
- b) für Pfähle, die unverrohrt hergestellt sind, dem größten Durchmesser des Bohrwerkzeuges oder der größten Querschnittsabmessung des Rammwerkzeugs,
- c) für vorgefertigte Pfähle der größten Querschnittsabmessung oder dem Außendurchmesser des vorgefertigten Traggliedes

#### 3.4

##### **Vorversuchs-Mikropfahl**

en: preliminary micropile

fr: micropieu préliminaire

Mikropfahl, der vor Beginn der Herstellung der Bauwerks-Mikropfähle zu dem Zweck hergestellt wird, die Eignung der ausgewählten Pfahlbauart zu überprüfen und/oder den Entwurf, die Abmessungen und die Tragfähigkeit zu bestätigen

### 3.5

#### **de: Herstellungsversuchs-Mikropfahl**

**en: trial micropile**

**fr: micropieu de faisabilité**

Mikropfahl, der zur Beurteilung der Durchführbarkeit und prinzipiellen Eignung des für eine bestimmte Anwendung vorgesehenen Herstellungsverfahrens eingebracht wird

### 3.6

#### **Abnahmeversuchs-Mikropfahl**

**en: test micropile**

**fr: micropieu d'essai**

Mikropfahl, der belastet wird, um das Widerstands-Verformungs-Verhalten sowohl des Pfahls als auch des ihn umgebenden Baugrunds zu ermitteln

### 3.7

#### **Bauwerks-Mikropfahl**

**en: working micropile**

**fr: pieu de fondation**

Mikropfahl, der Teil eines Bauwerks ist

### 3.8

#### **Integritätsprüfung**

**en: integrity test**

**fr: essai d'intégrité**

Prüfung an einem eingebauten Mikropfahl, um die Fehlerfreiheit der Pfahlteile nachzuweisen

### 3.9

#### **statische Probelastung**

**en: static load test**

**fr: essai de chargement statique**

Probelastung, bei der auf den Kopf eines Mikropfahles zur Ermittlung seiner Tragfähigkeit und seines Verformungsverhaltens eine axiale und/oder seitliche Kraft aufgebracht wird

### 3.10

#### **lastgesteuerte Probelastung**

**en: maintained load test (ML test)**

**fr: essai de chargement par palier**

statische Probelastung, bei der stufenweise zunehmende Lasten aufgebracht werden, die jeweils über eine bestimmte Dauer oder bis zum Abklingen der Pfahlkopfbewegung oder bis zum Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes konstant gehalten werden

### 3.11

#### **weggesteuerte Probelastung**

**en: constant rate of penetration test (CRP test)**

**fr: essai de chargement à vitesse d'enfoncement constante**

statischer Belastungsversuch, bei dem ein Mikropfahl mit einer konstanten Geschwindigkeit unter Messung der dabei auftretenden Kraft in den Baugrund eingedrückt wird

### 3.12

#### **dynamische Probelastung**

**en: dynamic load test**

**fr: essai de chargement dynamique**

Belastungsversuch, bei dem eine dynamische Kraft auf den Mikropfahl aufgebracht wird, um die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten zu bestimmen

### 3.13

#### **Verpressmörtel**

en: grout

fr: coulis

erhärtendes Material, im allgemeinen Zement und Wasser, gegebenenfalls mit Gesteinskörnungen mit kleinem Durchmesser, Zusatzstoffen und Zusatzmitteln, das die Last vom Tragglied oder vom Schaft des Pfahles auf den Baugrund überträgt und/oder zum Korrosionsschutz beiträgt

### 3.14

#### **Zementmörtel/Feinkornbeton**

en: mortar

fr: mortier

Beton mit Gesteinskörnungen mit einer Korngröße von maximal 8 mm

### 3.15

#### **Einbringen im Verdrängungsverfahren**

en: driving

fr: fonçage

Verfahren, um Mikropfähle bis zur geforderten Tiefe in den Baugrund einzubringen, wie z. B. Rammen, Einrütteln, Einpressen, Eindrehen oder eine Kombination dieser oder anderer Verfahren

### 3.16

#### **Bohren**

en: drilling

fr: forage

Verfahren zur Herstellung eines zylindrischen Hohlraums durch einen intermittierenden oder kontinuierlichen Vorgang zum Entfernen des Locker- oder des Festgesteins

### 3.17

#### **Verrohrung**

en: casing

fr: tubage

Rohr zur Stützung des Bohrlochs bei der Pfahlherstellung. Die Verrohrung kann dauerhaft oder temporär sein. Eine dauerhafte Verrohrung kann als Tragglied und/oder als Korrosionsschutz mit herangezogen werden

### 3.18

#### **Hülse, Mantelrohr**

en: liner

fr: gaine, chemise

Rohr, das im Allgemeinen aus einem dünnen Stahlblech oder Kunststoff besteht und den Schaft eines Mikropfahles ganz oder teilweise umgibt und z. B. zum Schutz des Schaftes in weichen oder aggressiven Böden oder zur Verringerung einer negativen Mantelreibung dient

### 3.19

#### **Vortreibrohr/Rammrohr**

en: drive tube

fr: tube de fonçage

Stahlrohr, mit dessen Hilfe der Boden bei der Herstellung von geramten Ortbeton-Mikropfählen verdrängt wird. Das Vortreibrohr wird während des Verpressens oder Betonierens gezogen

### 3.20

#### **Verbindung**

en: micropile joint

fr: assemblage, connexion de micropieu

Mittel zur Verbindung von Abschnitten des Traggliedes durch Schweißen oder mechanische Verbindungen

**3.21**

**Koppelement/Muffe**

en: coupler

fr: manchon

außen liegendes Verbindungsteil von Stab- oder Rohrabschnitten

**3.22**

**Nippel**

en: nipple

fr: mamelon

innen liegendes Verbindungsteil von Rohrabschnitten

**3.23**

**Zentrierer**

en: centralizer

fr: centreur

Element zur zentrischen Fixierung der Bewehrung in einem Bohrloch oder in einer Verrohrung

**3.24**

**Abstandhalter**

en: spacer

fr: écarteur

Bauteil zur Sicherstellung der erforderlichen Überdeckung der Bewehrung mit Zementmörtel /Feinkornbeton oder Beton oder eines Abstandes zwischen den Bewehrungselementen

**3.25**

**Tragglied**

en: load bearing element

fr: élément porteur

Bauteil aus Stahl oder einem anderen Werkstoff, das die Lasten vom Bauwerk in den Baugrund übertragen kann

**3.26**

**Spülflüssigkeit, Bohrspülung**

en: drilling fluid/mud

fr: fluide de forage, boue de forage

Wasser oder eine Suspension aus Bentonit, Polymeren oder Ton in Wasser, mit oder ohne Zement und anderen Zusätzen, zur Stabilisierung der Bohrlochwandungen und zum Spülen

**3.27**

**Manschettenrohr**

en: tube-à-manchettes

fr: tube à manchettes

Rohr mit Bohrungen und Gummimanschetten als Rückschlagventile, durch das unter Verwendung eines Packers das Einpressen von Verpressmörtel möglich ist

**3.28**

**Arbeitsebene**

working level

fr: niveau de travail

Aufstandsebene für das Bohr- oder Rammgerät

### 3.29

#### **Technischer Bauherrenvertreter**

**en: clients technical representative**

**fr: representant technique du client**

Vertreter des Bauherren, der mit allen Aspekten der in Frage kommenden Mikropfahlanwendung vertraut und zugleich Fachmann auf dem Gebiet der Mikropfahltechnik ist

### 3.30

#### **Verpressen**

**en: grouting**

**fr: injection sous pression**

Einbringen von Verpressmörtel oder Beton in das Bohrloch unter einem Druck, der höher als der hydrostatische Druck ist

### 3.31

#### **Nachverpressen**

**en: multi-stage grouting**

**fr: injection sous pression repetée**

Hochdruckverpressung durch ein Manschettenrohr, besondere Ventile oder Nachverpressrohre, nachdem der vorher ins Bohrloch verfüllte Mörtel abgebunden hat

### 3.32

#### **Verfüllen**

**en: filling**

**fr: remplissage gravitaire**

Einbringen von Zementmörtel/Feinkornbeton oder anderem Verpressgut in das Bohrloch bei dem nur der hydrostatische Druck aus der Höhe des Verfüllgutes wirkt

## **4 Voraussetzungen für die Herstellung von Mikropfählen**

### **4.1 Allgemeines**

**4.1.1** Vor der Ausführung der Arbeiten zur Herstellung von Mikropfählen müssen alle notwendigen Informationen und die Ergebnisse der Baugrunderkundung vorliegen.

**4.1.2** Diese Informationen müssen enthalten:

- a) etwaige rechtliche Beschränkungen;
- b) die Lage der Hauptachsen zum Abstecken;
- c) Zustand benachbarter Bauwerke, der Verkehrswege, der Leitungen usw. im Einflussbereich der Arbeiten, einschließlich der notwendigen Beweissicherungen;
- d) ein angemessenes Qualitätsmanagementprogramm welches die Beaufsichtigung, messtechnische Überwachung und begleitende Versuche abdeckt.

**4.1.3** Die Informationen zur Baustelle müssen, soweit zutreffend, enthalten:

- a) Angaben zu den örtlichen Verhältnissen der Baustelle (Grundriss, Baugrenzen, Topographie, Zugangsmöglichkeit, Böschungen, eingeschränkte Arbeitshöhen ...);
- b) Angaben zu bestehenden unterirdischen Bauten und Leitungen, zu Hindernissen, bekannten Kontaminationen und zu archäologischen Objekten;

- c) Angaben zu umweltrechtlichen Belangen, wie z. B. Beschränkungen bezüglich Lärm, Erschütterungen und Verschmutzung;
- d) Angaben zu laufenden oder zukünftigen Baumaßnahmen wie z. B. Grundwasserabsenkungen, Untertunnelungen, oder zu tiefen Baugruben.

## **4.2 Besondere Angaben zur Herstellung von Mikropfählen:**

**4.2.1** Die nachfolgenden zusätzlichen Informationen sind, sofern zutreffend, in die Projektspezifikation aufzunehmen und müssen auf der Baustelle vor dem Beginn der Arbeiten zur Herstellung der Mikropfähle vorliegen:

- Höhe der Arbeitsebenen;
- geodätischer Bezugspunkt;
- chemische Aggressivität von Boden und Grundwasser (= Expositionsklasse entsprechend EN 206-1);
- klimatische Randbedingungen;
- Möglichkeit elektrischer Streuströme;
- mögliche Instabilität des Baugrunds;
- vorhandene Pfähle, Anker und/oder andere künstliche Hindernisse im Baugrund.

**4.2.2** Die folgenden Einzelheiten sind, sofern zutreffend, während des Entwurfs zu klären und müssen zur Bauausführung vorliegen:

- alle notwendigen Informationen zur Erstellung der Ausführungspläne und der Verfahrensbeschreibungen;
- Notwendigkeit, Umfang und Ablauf der Bestandsaufnahme bestehender Tragwerke, Verkehrswege sowie des Betriebs von Einrichtungen in der Nachbarschaft der Arbeiten. Soweit Bestandsaufnahmen notwendig sind, müssen die Ergebnisse vor Beginn der Arbeiten vorliegen;
- die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten der am Entwurf, der Ausführung und der Überwachung beteiligten Parteien. Sie müssen in der Projektspezifikation eindeutig definiert werden;
- vorherige Erfahrungen mit Mikropfählen oder anderen Gründungen oder Tiefbauarbeiten auf der Baustelle oder in deren Umgebung;
- zulässige Verformungen der benachbarten Bauwerke;
- Abmessungen und Zustand bestehender Gründungen und Bodenplatten;
- Zustand, Standsicherheit und zulässige Verformungen von zu unterfangenden Bauwerken;
- bestehende Entwässerungs- und Grundwasserabsenkungsmaßnahmen.

## **4.3 Tätigkeiten**

Entwurf und Ausführung sollten — soweit angemessen — die nachfolgenden Tätigkeiten umfassen:

ANMERKUNG Die aufgeführte Reihenfolge der Tätigkeiten stellt nicht zwangsläufig ihre zeitliche Abfolge dar.

- a) Beurteilung der im Rahmen des Entwurfs und der Bemessung getroffenen Annahmen hinsichtlich der Ergebnisse der Baugrunduntersuchung und Durchführbarkeit der Baumaßnahme;

- b) Herstellung und Probelastung von Vorversuchs- und Herstellungsversuchs-Mikropfählen;
- c) Bewertung der Ergebnisse dieser Probelastungen;
- d) Festlegung des Ablaufs der Herstellung eines Mikropfahls unter Berücksichtigung von c);
- e) Arbeitsanweisungen hinsichtlich der Herstellungsreihenfolge;
- f) Unterweisung aller Beteiligten in die Entwurfsdetails, die besonders zu berücksichtigen sind;
- g) Festlegung der Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen der Mikropfahlherstellung auf zu unterfangende oder angrenzende Bauwerke (Typ und Genauigkeit der Messgeräte, Messintervalle) und der Interpretation der Messergebnisse;
- h) Festlegung von zulässigen Grenzwerten hinsichtlich der Beeinflussung der zu unterfangenden bzw. benachbarten Bauwerke;
- i) Bereitstellung von Ausführungsplänen;
- j) Festlegung von Kontrollen während der Bauausführung und der Pfahlprobelastungen.

## **5 Baugrunduntersuchungen**

### **5.1 Allgemeines**

- 5.1.1** Die Baugrunduntersuchungen müssen den Anforderungen nach EN 1997-1 entsprechen.
- 5.1.2** Der Bericht zur Baugrunduntersuchung muss rechtzeitig vorliegen, um den Entwurf, die Bemessung und die Ausführung der Mikropfahlarbeiten sachgerecht zu ermöglichen.
- 5.1.3** Die Baugrunderkundung ist hinsichtlich ihrer Qualität und ihres Umfangs darauf zu überprüfen, ob diese für Entwurf und Bemessung sowie Ausführung ausreichend ist.
- 5.1.4** Bei ungenügender Baugrunderkundung sind ergänzende Baugrunderkundungsmaßnahmen durchzuführen.

### **5.2 Besondere Anforderungen**

- 5.2.1** Bei der Festlegung des Umfangs der Baugrunderkundung sind Erfahrungen, die im Rahmen der Durchführung vergleichbarer Gründungsarbeiten unter vergleichbaren Bedingungen und/oder auf benachbarten Baustellen gewonnen wurden, mit einzubeziehen.

ANMERKUNG Der Bezug auf Erfahrungen in diesem Zusammenhang ist zulässig, falls angemessene Mittel zur Überprüfung herangezogen werden (z. B. durch Sondierungen, Bohrlochaufweitungsversuche oder andere Untersuchungen).

- 5.2.2** Die Bodenkennwerte sind durch in-situ Versuche und/oder Laborversuche über die gesamte Länge der Mikropfähle bzw. bis zu einer Tiefe, die durch die Eigenschaften des Baugrunds und der Lastabtragung des Mikropfahls (Spitzendruckpfahl oder Mantelreibungspfahl) definiert wird, zu bestimmen.
- 5.2.3** Mit Hilfe der Baugrunduntersuchung ist für Spitzendruck-Mikropfähle nachzuweisen, dass unter der tragenden Bodenschicht am Pfahlfuß keine weiche Schicht ansteht, um die Gefahr des Durchstanzens oder unverträglicher Setzungen auszuschließen.

**5.2.4** Die nachfolgenden Informationen — sofern für die Herstellung der Mikropfähle notwendig — müssen im Rahmen des Berichtes der Baugrunduntersuchung gegeben werden:

- a) Druckhöhen aller Grundwasserstockwerke in allen Boden- und Felsschichten. Wenn es erforderlich ist, sollten die verschiedenen Grundwasserstände einzeln und über eine ausreichende Zeit erfasst werden, um hieraus den höchsten während der Herstellung der Mikropfähle zu erwartenden Grundwasserstand zu bestimmen. Dabei ist besonders auf artesisch gespannte Grundwasserleiter und stark strömendes Grundwasser zu achten;
- b) Vorhandensein grobkörniger, stark durchlässiger Böden bzw. künstlicher oder natürlicher Hohlräume, die ein schlagartiges Ablaufen der Spülflüssigkeit und eine damit einhergehende Instabilität der Bohrlochs zur Folge haben können. Dies kann besondere Maßnahmen notwendig machen;
- c) Vorhandensein, Festigkeit und Verformungsverhalten weicher Schichten, wie z. B. weicher Ton oder Torf, die Schwierigkeiten bei der Herstellung oder Belastung der Mikropfähle verursachen können (Verformung und Instabilität des Bohrlochs, Knickgefahr);
- d) mögliches Geröll oder Blöcke oder andere Hindernisse im Baugrund, die Schwierigkeiten bei der Einbringung oder der Bohrung verursachen können. Dies kann besondere Verfahren oder Werkzeuge für das Durchrötern oder die Beseitigung bedingen;
- e) Höhenlage und Neigung der Felsoberkante, Mächtigkeit und Ausdehnung von verwittertem Fels sowie eventuelle Klüfte und Hohlräume;

ANMERKUNG In manchen Fällen kann es notwendig sein auch Festigkeit und Härte des Felses zu bestimmen.

- f) chemische Aggressivität von Grundwasser, Boden und Fels, die die Eigenschaften und Beschaffenheit des Verpressmörtels, Zementmörtels/Feinkornbetons, des Betons und des Stahls beeinträchtigt;
- g) Vorhandensein, Ausdehnung und Beschaffenheit von Kontaminationen, die die Entsorgung des anfallenden Aushubs beeinflussen und für die besondere Maßnahmen hinsichtlich des Arbeitsschutzes notwendig sind;
- h) Erosions- und andere Zerfallserscheinungen von Boden und Fels bei Kontakt mit Wasser.

## **6 Baustoffe und Bauprodukte**

### **6.1 Allgemeines**

**6.1.1** Alle Baustoffe und Bauprodukte, die als Bestandteile von Mikropfählen Verwendung finden, müssen der Leistungsbeschreibung entsprechen.

**6.1.2** Die Bezugsquellen der verwendeten Baustoffe sind zu dokumentieren und dürfen nicht ohne vorherige Mitteilung geändert werden.

### **6.2 Bewehrung und Tragglieder**

#### **6.2.1 Stahl für Bewehrungskörbe**

**6.2.1.1** Stabstähle zur Bewehrung von Mikropfählen aus Beton müssen EN 10080 entsprechen.

**6.2.1.2** Bei der Auswahl von Beschaffenheit und Güte des Stahls muss der Zusammenbau der Körbe und die Schweißseignung beachtet werden.



## 6.2.2 Stahl für Traglieder

6.2.2.1 Traglieder aus Stahl haben folgenden Normen zu entsprechen:

- EN 10080 oder prEN 10138-4 beim Einsatz von Stabstählen;
- EN 10210, EN 10219 oder EN ISO 11960 beim Einsatz von Hohlquerschnitten (z. B. von Rohren);
- EN 10025 beim Einsatz warm gewalzter Produkte (z. B. H-Träger).

6.2.2.2 Bei der Auswahl von Beschaffenheit und Güte des Stahls ist die Schweißeignung, sofern erforderlich, zu beachten.

6.2.2.3 Verbindungselemente dürfen die erforderliche Tragfähigkeit des Traggliedes nicht herabsetzen.

6.2.2.4 Wieder verwendete bzw. aus zweiter Wahl stammende Stahltraglieder müssen den im Rahmen des Entwurfs festgelegten Anforderungen hinsichtlich der Abmessungen und Materialeigenschaften entsprechen und müssen frei von Beschädigungen, schädlichen Bestandteilen und Korrosion sein, welche ihre Festigkeit und Dauerhaftigkeit beeinträchtigen können.

## 6.2.3 Weitere Baustoffe für Bewehrung und Traglieder

6.2.3.1 Gusseisen für Traglieder und Formstücke muss der Leistungsbeschreibung und Projektspezifikation des Herstellers entsprechen.

6.2.3.2 Weitere Baustoffe dürfen nur eingesetzt werden, wenn ihre Eignung belegt ist und ihr Einsatz durch den Technischen Bauherrenvertreter genehmigt ist.

## 6.3 Baustoffe für Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton und Beton

### 6.3.1 Zement

6.3.1.1 Zement für Mikropfähle muss EN 197-1 entsprechen.

6.3.1.2 Bei der Auswahl der Zementsorte ist die mögliche aggressive chemische Umgebung zu berücksichtigen und die Expositionsklasse entsprechend EN 206-1 festzulegen.

6.3.1.3 Zemente mit hohem Sulfatgehalt dürfen Spannstahl nach prEN 10138-4 nicht berühren.

### 6.3.2 Gesteinskörnungen

6.3.2.1 Die Gesteinskörnungen (Zuschlag) müssen DIN EN 206-1 entsprechen.

6.3.2.2 Gesteinskörnungen mit runder Kornform sollten bevorzugt werden, wenn der Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton mit Hilfe von Betonierrohren oder Pumpen eingebaut wird.

### 6.3.3 Wasser

6.3.3.1 Das Zugabewasser sollte EN 206-1 entsprechen.

ANMERKUNG Trinkwasser ist als Zugabewasser immer geeignet.

6.3.3.2 Zugabewasser aus natürlicher Herkunft im Baustellenbereich, sollte insbesondere auf Chloride, Sulfate und organische Bestandteile getestet und vom Technischen Bauherrenvertreter genehmigt werden.

6.3.3.3 Zulassungskriterien und Prüfverfahren für Wässer nach 6.3.3.2 müssen EN 1008 entsprechen.

### **6.3.4 Zusatzmittel und Zusatzstoffe**

#### **6.3.4.1** Zusatzmittel und Zusatzstoffe müssen

- a) EN 206-1 und EN 934-2 sowie
- b) den Zulassungen und den Herstellerangaben entsprechen.

### **6.4 Verpressmörtel**

**6.4.1** Die Zusammensetzung des Verpressguts und die Verpress- oder Fülltechnik muss entsprechend der vorgesehenen Anwendung und den Baugrundverhältnissen geplant und ausgeführt werden.

**6.4.2** Sand und Zusatzstoffe können zur Konsistenzveränderung bzw. zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Verpressguts gegen Auswaschen oder Entmischen verwendet werden.

ANMERKUNG Verpressgut, dem Zusatzstoffe oder Sand (mit einer Korngröße  $< 2$  mm) in einer Menge, die die reine Zementmasse nicht übersteigt, beigemischt sind, wird als Verpressmörtel bezeichnet. Bei einer größeren Menge an beigemischten Zusatzstoffen oder Sand ist die Mischung als Zementmörtel/Feinkornbeton zu bezeichnen.

**6.4.3** Der Wasser-Zement-Wert sollte den Baugrundverhältnissen angepasst sein und, soweit nicht anderweitig spezifiziert, 0,55 nicht überschreiten.

**6.4.4** Soweit nicht anderweitig definiert, muss die einaxiale Druckfestigkeit nach 28 Tagen bzw. zu dem Zeitpunkt, an der der Mikropfahl erstmals belastet wird, mindestens  $25 \text{ MN/m}^2$  an einem zylindrischen Versuchskörper mit einem Verhältnis zwischen Höhe und Durchmesser der Probe von 2 betragen.

**6.4.5** Es sollten Laborversuche, gegebenenfalls nach EN 445, und Feldversuche durchgeführt werden, um den Verpressmörtel hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit, der Effektivität des Mischverfahrens sowie der Abbindezeit zu überprüfen. Sofern geeignet, sollten die Versuche nach EN 445 durchgeführt werden.

**6.4.6** Die Wasserabsonderung (Bluten) nach 2 h sollte 3 % nicht überschreiten.

**6.4.7** Wird der Verpressmörtel zur Überdeckung von Bewehrung innerhalb einer Verrohrung verwendet, sollte die Wasserabsonderung und die Volumenänderung die Bedingungen EN 447 erfüllen.

#### **6.4.8 Qualitätskontrolle**

**6.4.8.1** Die Qualität des Verpressmörtels ist während der Arbeiten zu kontrollieren.

**6.4.8.2** Der Verpressmörtel sollte auf der Baustelle den folgenden Tests unterzogen werden:

- Dichte des Verpressmörtels im Mischer und, sofern machbar, am Bohrlochmund;
- Viskosität (Marsh-Zeit), wenn anwendbar;
- Wasserabsonderung.

**6.4.8.3** Soweit nicht anders festgelegt, sind an jeder Baustelle und in Zeitabständen von maximal 7 Arbeitstagen mindestens 2 Sätze bestehend aus je 3 Proben (Zylinder oder Würfel) zu entnehmen und hinsichtlich ihrer Druckfestigkeit zu untersuchen.

**6.4.8.4** Bei automatischer Mischung ist der Mischungsvorgang periodisch zu überprüfen. Bei nichtautomatischer Mischung ist der Mischungsvorgang zu protokollieren.

## 6.5 Zementmörtel/Feinkornbeton und Beton

### 6.5.1 Zementmörtel/Feinkornbeton und Ortbeton

6.5.1.1 Soweit nicht anders spezifiziert, ist die Mischung nach EN 206-1 zu entwerfen.

6.5.1.2 Zementmörtel/Feinkornbeton und Beton für Mikropfähle müssen:

- a) eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Entmischung;
- b) eine hohe Bildsamkeit und gutes Bindevermögen;
- c) gute Fließeigenschaften;
- d) sowie die Möglichkeit zur Selbstverdichtung besitzen;
- e) während der Dauer des Einbaus und des Ziehens der Verrohrung gut zu verarbeiten sein;
- f) soweit nicht anderweitig definiert, muss die einaxiale Druckfestigkeit nach 28 Tagen bzw. zu dem Zeitpunkt, an der der Mikropfahl erstmals belastet wird, mindestens  $25 \text{ MN/m}^2$  betragen, geprüft an einem zylindrischen Versuchskörper mit einem Höhen- und Durchmesser Verhältnis von 2.

6.5.1.3 Soweit nicht anders spezifiziert, muss der Zementgehalt für Zementmörtel/Feinkornbeton bzw. Beton, eingebracht unterhalb des Grundwasserspiegels, mindestens  $375 \text{ kg/m}^3$  bei einem Wasser-/Zementwert von maximal 0,6 betragen.

6.5.1.4 Für Gesteinskörnungen, die für Zementmörtel/Feinkornbeton verwendet werden, gelten folgende Beschränkungen hinsichtlich der Korngrößenverteilung:

$$d_{85} \leq 4 \text{ mm};$$

$$d_{100} \leq 8 \text{ mm}.$$

6.5.1.5 Das Größtkorn der Gesteinskörnung für Beton darf 16 mm, 1/4 des Abstands der Längsbewehrung oder 1/6 des Innendurchmessers des Betonierrohrs nicht überschreiten, wobei der kleinste Wert maßgebend ist.

### 6.5.2 Andere Betone

6.5.2.1 Für Betonfertigpfähle müssen die Baustoffe und die Herstellung sowie die Verbindungen und Stöße EN 12794 entsprechen.

6.5.2.2 Beton, der nachträglich in eine Mikropfahl-Verrohrung eingebaut wird, ist in 6.5.1 beschrieben.

## 6.6 Abstandhalter, Zentrierer und andere Komponenten

6.6.1 Abstandhalter und Zentrierer sollten verwendet werden, um die Betondeckung nach 7.6 sicherzustellen.

6.6.2 Abstandhalter und Zentrierer sind mit dauerhaften Baustoffen herzustellen, die nicht:

- zur Korrosion der Bewehrung bzw. des Tragglieds;
- zum Abplatzen der Überdeckung aus Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton führen.

6.6.3 Die für Abstandhalter, Zentrierer und andere Komponenten verwendeten Baustoffe müssen mit den Baustoffen des Mikropfahls verträglich sein und dürfen den Korrosionsschutz nicht beeinträchtigen.

## **6.7 Beschichtungen und Korrosionsschutzmassen**

**6.7.1** Beschichtungen und Korrosionsschutzmassen müssen den Anforderungen des Entwurfs entsprechen, vor allem hinsichtlich eines lückenlosen Korrosionsschutzes an den Anschlüssen.

**6.7.2** Die Bestandteile des Korrosionsschutzes, die zusammen mit hochfestem- Stahl und Spannstahl nach 7.7.2 eingesetzt werden, müssen mit EN 1537:1999, 6.10 übereinstimmen.

**6.7.3** Beschichtungen zur Reduktion der Mantelreibung müssen der Projektspezifikation und dem Entwurf entsprechen.

## **7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung**

### **7.1 Allgemeines**

**7.1.1** Die zugrunde liegenden Normen für Entwurf und Bemessung von Mikropfählen sind:

- EN 1991-1 bezüglich der Grundlagen von Entwurf und Bemessung sowie der Einwirkungen auf Tragwerk und Bauwerk;
- EN 1992-3 für Entwurf und Bemessung von Betonpfählen;
- EN 1993 für Entwurf und Bemessung von Stahlbauteilen;
- EN 1994-1-1 für Entwurf und Bemessung von Verbundbauteilen;
- prEN 10138-4 für den Entwurf von vorgespannten Elementen;
- EN 1997-1 für die Ermittlung des Pfahlwiderstandes.

**7.1.2** Das vorliegende Dokument enthält Entwurfsregeln für die Ausführung, die nicht durch die oben genannten Normen abgedeckt sind und die Entwurf, Bemessung oder Einzelheiten der Mikropfähle beeinflussen können.

**7.1.3** Entwurf und Bemessung sollen Typ und Abmessung des Mikropfahls festlegen.

**ANMERKUNG** Mikropfähle können nur bei ausreichender Kenntnis des Bauprojekts, der aus dem Tragwerk resultierenden Anforderungen an die Mikropfahlkonstruktion und der Baugrundverhältnisse sicher und wirtschaftlich entworfen werden. Erfahrungen mit Mikropfählen in vergleichbaren Baugrundverhältnissen sollten berücksichtigt werden.

**7.1.4** Liegen keine vergleichbaren Erfahrungen bezüglich der Ausführung der Mikropfähle vor, ist ein oder sind mehrere Vorversuchs- oder Herstellungsversuchs-Mikropfähle an repräsentativen Standorten herzustellen, bevor die eigentlichen Pfahlarbeiten beginnen.

**ANMERKUNG** Die Herstellung eines Vorversuchs-Mikropfahls bietet die Möglichkeit, Herstellungsverfahren und -geräte auf ihre Eignung zu untersuchen und die Auswirkung der Pfahlherstellung bzw. -einbringung auf das Verhalten des Baugrunds und die Umgebung zu beurteilen.

**7.1.5** Im Rahmen des Entwurfs sind die vorgegebenen herstellungsspezifischen Beschränkungen zu berücksichtigen.

### **7.2 Herstellungsbedingte Maßabweichungen**

**7.2.1** Im Rahmen von Entwurf, Bemessung und Ausführung sind herstellungsbedingte Maßabweichungen zu berücksichtigen.

**ANMERKUNG** Richtwerte für die herstellungsbedingten Maßabweichungen sind in Anhang B gegeben.

**7.2.2** Bei Überschreitung der Maßtoleranzen sind mögliche Überlastungen der Tragglieder zu berücksichtigen und erforderlichenfalls Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

### **7.3 Herstellung und Einbau**

**7.3.1** Die für die Nachbarbebauung verträglichen Grenzwerte für z. B. Verschiebungen, Erschütterungen usw. sollten im Rahmen der Projektspezifikation festgelegt werden.

**7.3.2** Wirken Mikropfähle als Spitzendruckpfähle, sind Durchmesser und Mindesteinbindetiefe in die Tragschicht oder den Fels im Rahmen der Projektspezifikation festzulegen.

**7.3.3** Liegt der Bohransatzpunkt unterhalb des Wasserspiegels bzw. unterhalb eines artesisch gespannten Druckwasserspiegels, sind besondere Maßnahmen zu ergreifen, um unkontrollierten Wasseraustritt aus dem Bohrloch und Bodenauflockerung zu vermeiden.

**7.3.4** Werden von den Annahmen des Entwurfs und der Bemessung abweichende Baugrundverhältnisse angetroffen, sind Entwurf und Bemessung anzupassen, um die erforderliche Tragfähigkeit des Mikropfahls und der Gründung sicherzustellen.

**7.3.5** Treffen Mikropfähle auf undurchdringbare Hindernisse im Baugrund, bevor sie die erforderliche Gründungstiefe erreicht haben, ist der Entwurf und die Bemessung hinsichtlich des Einflusses des Hindernisses auf das Tragverhalten der Gründung erneut zu überprüfen.

**7.3.6** Um frischen Mörtel oder Beton gegen Auswaschen infolge stark strömenden Grundwassers zu schützen, sollten im Boden verbleibende Verrohrungen oder andere Methoden in Betracht gezogen werden.

**7.3.7** Eine im Boden verbleibende Verrohrung oder andere Auskleidung ist im Rahmen von Entwurf und Bemessung hinsichtlich der Länge der Kraftübertragungsstrecke in den Baugrund zu berücksichtigen.

**7.3.8** Der Rammvorgang von Fertigpfählen ist nach EN 12699:2000, 7.7 zu entwerfen.

**7.3.9** Bei Fertigpfählen aus Stahl sollte die durch das Rammsystem aufgebrachte Energie so gewählt werden, dass die berechnete maximale Spannung im Querschnitt des Mikropfahls während des Rammens den 0,9-fachen Wert der charakteristischen Streckgrenze des Stahls nicht überschreitet.

**7.3.10** Werden die Spannungen während des Rammens gemessen, dürfen sie den in 7.3.9 genannten Wert um 20 % überschreiten.

### **7.4 Bewehrung**

**7.4.1** Der Bewehrungskorb für Ortbeton-Mikropfähle ist so zu bemessen, dass er nicht nur im Endzustand eine ausreichende Festigkeit besitzt, sondern bereits während der Handhabung bzw. des Einbaus ausreichend steif ist. Weiterhin darf das Fließen des Mörtels oder Betons nicht durch die Bewehrung behindert werden.

**7.4.2** Soweit nicht anderweitig festgelegt, sind Ortbeton-Mikropfähle über ihre gesamte Länge zu bewehren.

**7.4.3** Ein Ortbeton-Mikropfahl kann wie ein teilweise unbewehrtes Tragglied bemessen werden, falls:

- die Bemessungseinwirkungen und/oder die aus der Herstellung und dem Baugrund resultierenden Einwirkungen lediglich Druckbeanspruchungen im Mikropfahl hervorrufen;
- der Mikropfahl nicht in einem Erdbebengebiet eingesetzt wird.

**7.4.4** Bewehrungsanschlüsse an die aufgehende Konstruktion müssen EN 1992-1-1 entsprechen.

**7.4.5** Wenn allein das Stahltragglied die Last abträgt, muss Entwurf und Bemessung EN 1993-1-1 entsprechen.

**7.4.6** Wenn Bewehrung und Mörtel oder Beton gemeinsam die Last abtragen, muss Entwurf und Bemessung EN 1992-1-1 oder EN 1994-1-1 entsprechen.

**7.4.7** Der Bemessungswert der Verbundfestigkeit zwischen Mörtel oder Beton und den Traggliedern aus Stahl oder Gusseisen ist vor Beginn der Arbeiten nach ENV 1994-1 (Stäbe, Rohre oder Walzprofile) festzulegen.

**7.4.8** Die Mörtel- oder Betonüberdeckung nach 7.6 ist in der Projektspezifikation festzulegen.

## **7.5 Verbindungselemente**

**7.5.1** Die Verbindungselemente müssen für alle Einwirkungen, die während des Transports und des Einbaus auftreten können, bemessen werden.

**7.5.2** Bei Muffen und Nippeln ist der durch das Gewinde reduzierte Querschnitt über den Nenndurchmesser (Mindestquerschnitt) zu ermitteln.

**7.5.3** Die Verbindungen zwischen den Traggliedern müssen den Tragfähigkeitsanforderungen bezüglich Druck-, Zug- und Biegebeanspruchung genügen.

**7.5.4** Werden Bewehrungsstäbe oder -körbe in eine im Boden verbleibende und anschließend mit Mörtel oder Beton verfüllte dauerhafte Verrohrung eingesetzt, darf die Übergreifungslänge nach EN 1992-1-1 verwendet werden.

## **7.6 Korrosionsschutz von Stahlteilen**

**7.6.1** Der Korrosionsschutz der in einen Mikropfahl eingebauten Stahlteile muss folgende Punkte berücksichtigen:

- Aggressivität der Umgebung (Grundwasser, Boden, elektrischer Streustrom usw.);
- Typ des Mikropfahls;
- Art der Beanspruchung (Druck oder Zug);
- Güte und Typ des Stahls und
- die im Rahmen des Entwurfs geforderte Lebensdauer.

**7.6.2** Der Korrosionsschutz muss zumindest aus einer der folgenden Komponenten bestehen:

- eine wirksame Überdeckung aus geeignetem Mörtel oder Beton;

ANMERKUNG 1 Richtwerte zur Mindestüberdeckung mit Mörtel oder Beton sind in Anhang C gegeben.

- eine entsprechend der durch die Korrosion bedingten Materialschwächung dimensionierten Vergrößerung des Stahlquerschnitts;

ANMERKUNG 2 Hinweise zu zeitabhängigen Abrostungsbeträgen sind in Anhang D gegeben.

- besonderen Vorkehrungen.

ANMERKUNG 3 Besondere Vorkehrungen zum Schutze des Stahls gegen Korrosion bestehen aus:

- der Verwendung besonderer Zemente;
- dem Einsatz eines geeigneten Stahles;
- einem kathodischen Korrosionsschutz;
- der Verwendung dauerhafter Verrohrungen oder sonstiger Umhüllungen,
- Beschichtungen.

**7.6.3** Bei der Wahl der Mörtel- bzw. Betonzusammensetzung sind die Expositionsklassen nach EN 206-1 zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Hinweise zu Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton sind in EN 206-1 gegeben

**7.6.4** Die Expositionsklasse sollte mit Sorgfalt gewählt werden. Hierbei sollte auch die zeitabhängige Entwicklung der Aggressivität berücksichtigt werden.

**7.6.5** Die besonderen Vorkehrungen nach 7.6.2 dürfen die anderen Eigenschaften nicht beeinträchtigen.

**7.6.6** Bei Verwendung von Spannstählen ist der Korrosionsschutz nach EN 1537 auszuführen.

**7.6.7** Für Verbindungselemente gelten dieselben Korrosionsschutzregeln wie für Stahltragglieder.

**7.6.8** Der Korrosionsschutz ist auch an den Verbindungselementen lückenlos herzustellen.

## **7.7 Abstandhalter und Zentrierer**

**7.7.1** Abstandhalter und Zentrierer sind unter Berücksichtigung der Größe des Bohrlochs, des Gewichtes der Bewehrung, der Überdeckung durch Mörtel oder Beton sowie einer möglichen Störung des Bodengefüges während des Einbaus der Bewehrung zu entwerfen.

**7.7.2** Abstandhalter und Zentrierer dürfen nicht den Fluss des Mörtels oder Betons behindern.

## **7.8 Pfahlaufweitungen**

Wo Pfahlaufweitungen vorgesehen sind, muss das Aufweitungsverfahren für den in Entwurf und Bemessung angesetzten tragenden Querschnitt und Mantelumfang vor Beginn der Arbeiten vereinbart werden. Typische Pfahlaufweitungen sind in Bild 4 dargestellt.

## **7.9 Anschluss an das aufgehende Tragwerk**

**7.9.1** Soweit nicht anders festgelegt, ist der Anschluss des Mikropfahls an das aufgehende Tragwerk auf die Tragfähigkeit des Mikropfahls zu bemessen.

**7.9.2** Der Anschluss von Ortbeton-Mikropfählen ist nach EN 1992-1-1 zu bemessen.

**7.9.3** Bei Mikropfählen mit einem Tragglied ist die Lastübertragung zum aufgehenden Bauwerk detailliert zu entwerfen und zu bemessen und/oder durch Versuche zu belegen

**7.9.4** Der Überstand der Bewehrung bzw. des Tragglieds muss in den Ausführungsplänen festgelegt werden (siehe Bild 5).

## **7.10 Abstände zwischen den Mikropfählen**

**7.10.1** Bei der Festlegung der Abstände zwischen den Mikropfählen sind Pfahltyp, Pfahldurchmesser, Pfahllänge, Baugrundverhältnisse und Gruppenwirkung zu berücksichtigen.

**7.10.2** Die mögliche gegenseitige Beeinflussung der Mikropfähle während der Herstellung sollte bei der Festlegung des Pfahlabstands, der Ausrichtung und der Einbaufolge berücksichtigt werden.

### **7.11 Besondere Anforderungen für Mikropfähle in sehr weichen Böden**

**7.11.1** In sehr weichen Böden kann es nötig sein, eine im Boden verbleibende Verrohrung oder sonstige Umhüllung vorzusehen, um eine unkontrollierte Ausbreitung des frischen Mörtels bzw. Betons zu verhindern.

**7.11.2** Bei Mikropfählen, die in einem Boden mit einer charakteristischen undrännierten Scherfestigkeit von weniger als 10 kPa hergestellt bzw. eingebracht werden, ist der Nachweis gegen Knicken unter Berücksichtigung der herstellungsbedingten Maßabweichungen zu führen.

### **7.12 Pfahlschuhe**

Pfahlschuhe sind nach EN 12699:2000, 7.8.3 auszubilden.

## **8 Ausführung**

### **8.1 Allgemeines**

**8.1.1** Die Herstellung von Mikropfählen ist von ausgebildetem und erfahrenem Personal durchzuführen und zu überwachen.

**8.1.2** Vor dem Beginn der Arbeiten sollte eine Verfahrensbeschreibung erstellt werden; diese sollte mindestens folgende Informationen beinhalten:

- Beschreibung, Zielsetzung und Anwendungsbereich der Mikropfähle;
- Baugrundbeschreibung (möglichst mit Hinweisen auf das Baugrundgutachten);
- Umweltaspekte;
- technische Anforderungen;
- benötigte Gerätschaften und Arbeitsabläufe zum:
  - Bohren und/oder Einbringen im Verdrängungsverfahren;
  - Einbau der Bewehrung bzw. des Tragglieds;
  - Verfüllen, Betonieren bzw. Verpressen;
  - Maßnahmen zur Sicherstellung der Bohrgenauigkeit;
  - Verpressparameter;
  - Baustelleneinrichtung und Arbeitsflächen;
  - Bohrgutentsorgung;
  - Verfahren zur Qualitätssicherung.

**8.1.3** Besondere Sorgfalt ist bei der Herstellung von Pfahlwänden mit tangierenden oder überschrittenen Mikropfählen notwendig (Pfahlabstände, Maßabweichung, Bohrreihenfolge, Baustoffe).



**8.1.4** Soweit möglich, sollten die Vorversuchs-, Herstellungsversuchs-, oder Abnahmeversuchs-Mikropfähle in der Nähe von Baugrundaufschlüssen hergestellt werden.

**8.1.5** Weichen die Baugrundverhältnisse von den Angaben des Entwurfs und der Bemessung ab bzw. werden unerwartete Hindernisse im Baugrund angetroffen, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

**8.1.5.1** Die Mikropfähle sollten so hergestellt werden, dass maßgebliche Abweichungen von den Baugrundverhältnissen, die der Bemessung zu Grunde liegen, erkannt werden können.

ANMERKUNG Der Geräteführer kann z. B. Veränderungen des Bohrfortschritts feststellen, die Farbe der Rückflüsspülung oder Spülungsverluste beobachten und im Bohr- bzw. Rammprotokolls festhalten.

**8.1.5.2** Abweichungen der Baugrundverhältnisse sind anzuzeigen und sofern maßgeblich im Rahmen des Entwurfs und der Bemessung von Mikropfählen nach 7.3.4 zu berücksichtigen.

## **8.2 Baustellenvorbereitung**

**8.2.1** Die für die Herstellung der Mikropfähle notwendige Arbeitsebene ist so einzurichten und zu unterhalten, dass alle Arbeiten fachgerecht und sicher ausgeführt werden können.

**8.2.2** Versorgungsleitungen und unterirdische Einbauten sollten erfasst und, wenn notwendig, umgelegt werden.

## **8.3 Herstellungsablauf**

**8.3.1** Die Reihenfolge der Herstellung von Mikropfählen ist zu planen.

**8.3.2** Diese Reihenfolge muss folgende Aspekte berücksichtigen:

- schädliche Auswirkungen von Setzungen auf zu unterfangende oder benachbarte Bauwerke;
- schädliche Auswirkungen auf die Tragfähigkeit von bereits hergestellten Mikropfählen.

## **8.4 Bohrarbeiten**

### **8.4.1 Allgemeines**

**8.4.1.1** Mögliche Bohrverfahren sind in Anhang A.1 angegeben.

ANMERKUNG Gebohrte Mikropfähle werden meist im Drehbohrverfahren mit Außenspülung hergestellt.

**8.4.1.2** Die Bohrlöcher von Mikropfählen sind soweit abzuteufen, bis sie

- die geforderte Einbindung in die tragende Schicht,
- das vorgegebene Gründungsniveau oder
- die vorgeschriebene Länge

erreichen.

**8.4.1.3** Bohrlöcher sind hinsichtlich Länge und Lage zu überprüfen.

**8.4.1.4** Bohrlöcher sind hinsichtlich Neigung und Ausrichtung zu überprüfen, soweit vereinbart.

**8.4.1.5** Bei Spitzendruck-Mikropfählen ist lockeres und aufgeweichtes Bohrgut aus dem Bohrloch tiefsten zu entfernen.

**8.4.1.6** Bei Mantelreibungs-Mikropfählen darf das verwendete Bohr- und Spülverfahren die erforderliche Mantelreibung nicht herabsetzen.

**8.4.1.7** Das Bohrverfahren ist so auszuwählen, dass die Anforderungen, die sich aus dem Baugrund und der Gründung ergeben, berücksichtigt sind, und dass ein stabiles Bohrloch mit der erforderlichen Länge und mit dem vorgegebenen Querschnitt hergestellt werden kann.

**8.4.1.8** Wenn ein unkontrollierter Zustrom von Wasser und Boden in das Bohrloch möglich ist oder das Risiko eines Einsturzes der Bohrlochwandung besteht, sind besondere Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit und damit zur Verhinderung eines unkontrollierten Eintrags von Wasser und Boden einzuleiten.

ANMERKUNG 1 Ein Zustrom von Wasser und/oder Boden kann z. B. Folgendes verursachen:

- eine Störung oder Auflockerung des Traghizontes oder des umgebenden Baugrundes;
- einen Verlust der Standsicherheit unterfangener oder benachbarter Gründungen durch Bodenaustrag;
- Schäden am noch nicht abgebundenen Mörtel oder Beton im Mikropfahl bzw. an kurz vorher in der Nähe hergestellten Mikropfählen;
- Fehlstellen am Schaft;
- Auswaschen des Zements.

ANMERKUNG 2 Es besteht ein erhöhtes Risiko bei:

- lockeren nichtbindigen Böden;
- weichen bindigen Böden;
- stark wechselndem Baugrund;
- beim Einsatz von direkter Luftspülung unterhalb des Grundwasserspiegels.

## **8.4.2 Spülen**

**8.4.2.1** Beim Bohren können Wasser, Luft und andere Spülflüssigkeiten verwendet werden.

**8.4.2.2** Wird bei Unterfangungsarbeiten mit Luft gespült, sollte vermieden werden, dass dadurch der Untergrund gestört bzw. aufgesprengt wird.

**8.4.2.3** Die Spülflüssigkeit darf den Erfolg der nachfolgenden Arbeiten zum Verpressen oder Betonieren nicht beeinträchtigen.

**8.4.2.4** Bei einem in Bezug zur Arbeitsebene (artesisch) gespannten Grundwasser ist besondere Vorsicht bei den Bohrarbeiten geboten.

**8.4.2.5** Die besonderen technischen Maßnahmen zur sicheren Beherrschung des Wasserdrucks und zur Vermeidung eines unkontrollierten Wasseraustritts, eines Einsturzes der Bohrlochwandung und der Erosion während des Bohrens, Einbaus, Verfüllens oder Verpressens sind vor den Bohrarbeiten festzulegen und im Bedarfsfall einzusetzen.

ANMERKUNG Liegt der Grundwasserspiegel über dem Niveau der Arbeitsebene, kann diese höher gelegt oder es können Schwerspülungen verwendet werden .

## **8.4.3 Bohrlochstützung durch Verrohrung**

Verrohrungen sollten verwendet werden, falls das Bohrloch nicht standsicher ist, ein deutlicher Verlust an Spülflüssigkeit auftritt oder die Verfüllung oder Verpressung durch die Verrohrung durchgeführt wird.

#### **8.4.4 Bohren mit durchgehender Bohrschnecke**

**8.4.4.1** Bohren mit durchgehender Bohrschnecke muss nach EN 1536:1999, 8.1.5 erfolgen.

**8.4.4.2** Bezüglich der Neigung existieren keine besonderen Beschränkungen, sofern die Bohrrichtung überwacht wird und die Bewehrung korrekt eingesetzt werden kann.

ANMERKUNG Bei der Herstellung von Mikropfählen mit Hilfe einer durchgehenden Bohrschnecke wird normalerweise Verpressmörtel oder Zementmörtel/Feinkornbeton verwendet.

#### **8.5 Einbringen im Verdrängungsverfahren**

**8.5.1.1** Werden Mikropfähle im Verdrängungsverfahren eingebracht, ist EN 12699 zu beachten. Das Einbringverfahren ist unter Berücksichtigung aller aus Baugrund, Gründung und Umgebung resultierenden Anforderungen zu wählen.

**8.5.1.2** Beim Einsatz von geramnten oder mit Hilfe eines Vibrationsverfahrens eingebrachten Mikropfählen für Unterfangungen, ist ihre Ausführbarkeit nachzuweisen (z. B. durch vergleichbare Erfahrungen unter Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse und der Gegebenheiten der zu unterfangenden Bauwerke).

#### **8.6 Aufweitungen**

**8.6.1** Aufweitungen von Mikropfählen können wie folgt hergestellt werden:

- durch Aushub;
- durch Einstampfen von Beton unter den Fuß der bleibenden Verrohrung oder des Vortreibrohrs;
- durch das Einbringen eines sich aufweitenden Pfahlkörpers.

**8.6.2** Die richtige Ausführung einer Aufweitung, die durch Aushub realisiert wird, setzt eine standsichere Wandung und eine vollständige Verfüllung des Bohrlochs mit Mörtel oder Beton voraus.

**8.6.3** Der Aushub für Aufweitungen sollte mit Hilfe von Werkzeugen durchgeführt werden, welche während des Einsatzes von der Oberfläche aus ständig kontrolliert werden können.

**8.6.4** Die richtige Ausführung einer Fußaufweitung mit Hilfe von ausgestampftem Beton benötigt:

- besondere Maßnahmen zur Verhinderung der Entmischung oder der Auswaschung des Betons;
- die Herstellung der Fußaufweitung ohne größere Unterbrechungen;
- die Verwendung eines geeigneten Rammgeräts.

**8.6.5** Während der Herstellung sind sowohl der Betonverbrauch als auch die eingesetzte Rammenergie zu erfassen und protokollieren.

**8.6.6** Bei Zugpfählen ist darauf zu achten, dass der Bewehrungskorb im Bereich der Fußaufweitung ausreichend verankert ist.

#### **8.7 Bewehrung und Tragglieder**

##### **8.7.1 Handhabung und Lagerung**

**8.7.1.1** Der Bewehrungskorb ist so herzustellen, dass er schadlos und ohne dauerhafte Verformung aufgenommen und in das Bohrloch bzw. die Verrohrung eingebaut werden kann.

**8.7.1.2** Stahlbewehrung ist unter kontrollierten Bedingungen zu lagern und soll zum Zeitpunkt des Einsetzens und Betonierens sauber sowie frei von losem Rost und Walzrückständen sein.

## **8.7.2 Verbindungen**

**8.7.2.1** Bewehrungsstöße sind so auszubilden, dass die Bewehrung während des Einsetzens sowie während des Ziehens der Verrohrung nicht verformt wird.

**8.7.2.2** Die Bewehrungsstöße sind kraftschlüssig herzustellen und zu überprüfen, bevor die Bewehrung eingesetzt wird.

**8.7.2.3** Schweiß- und Schneidarbeiten an Stahl erfolgen nach EN 12699:2000, 8.4.3.3.8.

**8.7.2.4** Sofern Tragglieder auf der Baustelle zusammengeschweißt werden, sind die Schweißarbeiten in geeigneten Einrichtungen oder mit ausreichendem Schutz durchzuführen.

**8.7.2.5** Galvanisierter oder beschichteter Bewehrungsstahl oder Tragglieder dürfen nur geschweißt werden, wenn Maßnahmen zur Wiederherstellung des Korrosionsschutzes vor Beginn der Arbeiten vereinbart wurden.

## **8.7.3 Abstandhalter und Zentrierer**

**8.7.3.1** Die mittige Ausrichtung der Bewehrung im Bohrloch und die nötige Überdeckung aus Mörtel oder Beton wird mit Hilfe von Abstandhaltern und Zentrierern erreicht, sofern die Positionierung und Überdeckung nicht anderweitig sichergestellt werden.

**8.7.3.2** Abstandhalter und Zentrierer sind in Abständen von maximal 3 m, mindestens aber an jedem Teilstück anzubringen.

**8.7.3.3** An geneigten Mikropfählen sind die Abstände so zu wählen, dass die erforderliche Überdeckung unter Berücksichtigung des Gewichts und der Steifigkeit der Bewehrung und der Tragglieder sichergestellt ist.

## **8.7.4 Einbau der Bewehrung oder Tragglieder**

**8.7.4.1** Bewehrungskörbe oder Tragglieder sind so aufzuhängen oder abzustützen, dass sie ihre korrekte Position und Höhenlage während des Verfüllens, Verpressens oder Betonierens behalten.

**8.7.4.2** Für die Reihenfolge des Einbaus der Bewehrung bzw. der Tragglieder und die Verfüllung des Bohrlochs muss Folgendes berücksichtigt werden:

- das verwendete Herstellverfahren (Bohren, Einbringen im Verdrängungsverfahren);
- das zu verfüllende Material (Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton, Beton);
- die Art der Bewehrung (Korb, Rohr, Stab);
- die Randbedingungen beim Verfüllen (trocken oder unter Wasser).

**8.7.4.3** Beim Einbau der Bewehrung oder des Tragglieds muss die parallele Ausrichtung zur Pfahlachse und die über die gesamte Länge des Pfahls vorhandene Überdeckung aus Verpressmörtel/Feinkornbeton, Zementmörtel oder Beton sichergestellt werden.

**8.7.4.4** Werden Bewehrungen oder Tragglieder in geneigten Bohrungen eingebaut, sind geeignete Mittel zur Abstützung und zur Kontrolle der Ausrichtung anzuwenden.

**8.7.4.5** Die Temperatur der Bewehrung bzw. des Traggliedes muss ausreichend hoch sein, um beim Einbau eine Eisbildung auf der Oberfläche zu verhindern.

## 8.8 Verfüllen und Verpressen

### 8.8.1 Allgemeines

**8.8.1.1** Die folgenden Verfahren können zum Verfüllen und Verpressen des Bohrlochs eingesetzt werden (siehe Bild 6):

- Verfüllen des Bohrlochs mit Verpressmörtel;
- Verpressen:
  - Verpressen in einem Schritt durch eine temporäre Verrohrung;
  - Verpressen in einem Schritt durch das Tragglied;
  - Verpressen während des Einbringens bzw. Bohrens;
- Nachverpressen in einem einzelnen oder in mehreren Schritten durch Manschettenrohre, Rohre mit speziellen Ventilen oder durch Nachverpressrohre.

ANMERKUNG Verfüllen oder Verpressen dient einer oder mehreren der folgenden Funktionen:

- Schaffung bzw. Verbesserung des Verbunds zwischen dem Pfahlmantel und dem ihn umgebenden Baugrund zur Mobilisierung des Mantelwiderstands;
- Schutz der Bewehrung gegen Korrosion;
- Erhöhung der Tragfähigkeit des Mikropfahls;
- Verbesserung und Abdichtung des unmittelbar an den Mikropfahl anschließenden Bodens zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Mikropfahls.

**8.8.1.2** Das Verpressverfahren wird durch die Baugrundverhältnisse, den erforderlichen Mantel- und Fußwiderstand, den Typ des Verpressguts und die benutzte Ausrüstung bestimmt und ist im Rahmen der Projektspezifikation im Detail festzulegen

**8.8.1.3** Für Mikropfähle die Kräfte durch Mantelreibung abtragen, können Nachverpressungen unter hohem Druck angewendet werden, um durch Einbringen von weiterem Verpressmörtel in den Baugrund den Reibungswiderstand und die Normalkräfte an der Grenzfläche Baugrund/Verpressgut zu erhöhen. Dies kann vor oder nach dem Einsetzen der Bewehrung ausgeführt werden.

### 8.8.2 Herstellung des Verpressmörtels

**8.8.2.1** Der Verpressmörtel muss so hergestellt und verfüllt bzw. verpresst werden, dass die im Entwurf vorgegebene Festigkeit erreicht wird.

**8.8.2.2** Eine Verschmutzung des Verpressmörtels und seiner Bestandteile ist während der Lagerung und Verarbeitung zu vermeiden.

**8.8.2.3** Die Komponenten des Verpressmörtels sind mit kalibrierten Geräten innerhalb der vorgegebenen Toleranzen zu dosieren.

**8.8.2.4** Der Mischungsvorgang ist nach 6.4.8.3 zu überprüfen.

**8.8.2.5** Mit der Mischeinrichtung muss ein homogener Verpressmörtel herstellbar sein.

**8.8.2.6** Die Mischung sollte in einem Rührwerksbehälter, angeordnet zwischen Mischer und Pumpe, aufbewahrt und in Bewegung gehalten werden, um Entmischung bzw. ein vorzeitiges Ansteifen zu verhindern.

**8.8.2.7** Pumpen und Verpresssysteme müssen auf das gewählte Verfüll- bzw. Verpressverfahren abgestimmt sein.

**8.8.2.8** Der Verpressdruck sollte so nah wie möglich an der Verpressstelle gemessen werden.

### **8.8.3 Bohrlochprüfung und Vorverpressung**

Bei Mikropfählen die in verwittertem bzw. stark geklüftetem Fels eingebaut werden, können Bohrlochprüfungen und eine Vorverpressung notwendig sein, um unkontrollierten Verlust an Verpressmörtel in den umgebenden Fels zu vermeiden und um die erforderliche Überdeckung der Bewehrung bzw. des Traggliebes sicherzustellen.

ANMERKUNG Allgemeine Angaben zu Bohrlochprüfungen und Vorverpressung sind in Anhang E gegeben.

### **8.8.4 Verfüllen des Bohrlochs mit Verpressmörtel**

**8.8.4.1** Das Zeitintervall zwischen der Vollendung des Bohrvorgangs und dem Verfüllen des Bohrlochs ist so kurz wie möglich zu halten.

**8.8.4.2** Die vollständige Verfüllung des Bohrlochs mit Verpressmörtel muss durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden (Bild 6a).

**8.8.4.3** Wird das Bohrloch durch ein Verfüllrohr, durch das Bohrgestänge oder durch das Tragglied verfüllt, muss die Austrittsöffnung im Verpressmörtel enden. Das Verfüllen muss fortgesetzt werden bis frischer Verpressmörtel austritt (Bild 6a).

**8.8.4.4** Der Luft bzw. der Bohrspülung muss die Möglichkeit zum Entweichen gegeben werden, damit das Bohrloch vollständig verfüllt werden kann.

**8.8.4.5** Das im Bohrloch verbliebene Bohrgut muss beim Verfüllen entweichen können.

### **8.8.5 Verpressung in einem Schritt durch eine temporäre Verrohrung**

**8.8.5.1** Die Bewehrung ist vor dem Ziehen der temporären Verrohrung einzubauen.

**8.8.5.2** Während des Ziehens der temporären Verrohrung ist der Füllstand des Verpressmörtels innerhalb der Verrohrung bis auf das Niveau der Geländeoberfläche zu bringen, bevor das nächste Bohrgestängeteil gezogen wird (siehe Bild 6b).

**8.8.5.3** Der Verpressdruck sollte mindestens alle 2 m während des Ziehens der Verrohrung aufgebracht werden.

### **8.8.6 Verpressung in einem Schritt durch ein Tragglied**

**8.8.6.1** Bei Verwendung von Rohren als Tragglieder kann durch die untere Öffnung des Traggliebes in einem Schritt verpresst werden (Bild 6c).

**8.8.6.2** Wenn der erforderliche Verpressdruck nicht aufgebracht werden kann, ist eine wiederholte Verpressung nach einer bestimmten Wartezeit vorzunehmen, bis der erforderliche Verpressdruck aufgebracht wird.

### **8.8.7 Verpressen und Verfüllen während des Einbringens im Verdrängungsverfahren**

Bei Verdrängungspfählen erfolgt das Verpressen und Verfüllen nach EN 12699.

### 8.8.8 Verpressen während des Bohrens

**8.8.8.1** Bei einer Verpressung während des Bohrvorgangs sind die Tragglieder mit einer Bohrspitze auszustatten.

**8.8.8.2** Bei einer Verpressung während des Bohrvorgangs sollte der Verpressdruck und die Verpressgeschwindigkeit an die Möglichkeit des Mörtels, in den durch den Bohrvorgang aufgelockerten Baugrund einzudringen, angepasst werden.

**8.8.8.3** Bei einer Verpressung während des Bohrvorgangs sollte ein konstanter Durchsatz des Verpressguts aufrecht gehalten werden. Nach Aufsetzen eines neuen Traggliedsegmentes sollte die Spülung mit Verpressgut vor Fortsetzung des Bohrvorganges wieder aufgenommen werden.

### 8.8.9 Nachverpressen

**8.8.9.1** Das Nachverpressen kann erfolgen durch:

- Verpressen in einem Schritt durch ein Manschettenrohr (Bild 6d);
- Verpressen in mehreren Schritten durch Manschettenrohre oder durch Rohre mit speziellen Ventilen (Bild 6e);
- Verpressen in einem Schritt durch mehrere über die Tiefe gestaffelte Nachverpressrohre (Bild 6f).

**8.8.9.2** Das Nachverpressen ist nach dem Erhärten des Verpressmörtels, der nach 8.8.4, 8.8.5 oder 8.8.6 ins Bohrloch eingebracht wurde, durchzuführen.

**8.8.9.3** Das Nachverpressen ist entweder in einem oder mehreren Schritten oder Stufen entsprechend der Projektspezifikation durchzuführen.

**8.8.9.4** Falls der vorgegebene Verpressdruck nicht aufgebracht werden kann, sind zusätzliche Verpressschritte nach einer bestimmten Wartezeit durchzuführen, bis der vorgegebene Verpressdruck aufgebracht werden kann.

**8.8.9.5** Sind weitere Verpressschritte vorgesehen, müssen die Verpressrohre nach jedem Verpressvorgang mit Wasser gespült werden

## 8.9 Betonieren

**8.9.1** Betonieren unter Wasser muss nach EN 1536:1999, 8.3.3 erfolgen.

**8.9.2** Betonieren durch eine durchgehende Bohrschnecke muss nach EN 1536:1999, 8.3.6 erfolgen.

**8.9.3** Betonieren im Trockenen muss nach EN 12699:2000, 8.5.2.5 erfolgen.

## 8.10 Kappen der Pfahlköpfe

**8.10.1** Das Kappen der Mikropfähle

- darf erst vorgenommen werden, wenn der Verpressmörtel oder Beton ausreichend erhärtet ist;
- muss den verunreinigten oder den qualitativ nicht ausreichenden Verpressmörtel oder Beton vollständig entfernen.

**8.10.2** Die Bearbeitung des Pfahlkopfs ist vorsichtig durchzuführen, um Absplitterungen und Schäden am restlichen Mikropfahl zu vermeiden.

## 9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen

### 9.1 Bauüberwachung

9.1.1 Eine ausreichend qualifizierte und erfahrene Person ist mit der Überwachung der Arbeiten zu beauftragen.

9.1.2 Ein Prüfplan sollte auf der Baustelle vorliegen und zugänglich sein. Der Prüfplan muss wenigstens

- die Häufigkeit der verschiedenen Prüfungen und
- den Inhalt der verschiedenen Prüfungen enthalten.

9.1.3 Die Überwachung von Arbeiten im Zusammenhang mit der Herstellung von Mikropfählen soll EN 1997-1:2004, Abschnitt 4 entsprechen.

9.1.4 Die Überwachung muss mindestens beinhalten:

- die Übereinstimmung der Arbeiten mit diesem Dokument und jeder weiteren Spezifikation und Vereinbarung;
- die Kontrolle der Mikropfahlherstellung nach 9.2.

### 9.2 Kontrolle der Herstellung von Mikropfählen

9.2.1 Die projektspezifischen Vorgänge der Überprüfung, Kontrolle und Abnahme sind vor dem Beginn der Arbeiten festzulegen.

9.2.2 Die Herstellung der Mikropfähle ist zu überwachen und alle maßgebenden Daten entsprechend der Tabellen 1 bis 3 sind aufzuzeichnen.

9.2.3 Ebenso sollte die Dauer der unterschiedlichen Tätigkeiten festgehalten oder aufgezeichnet werden.

9.2.4 Jede Abweichung ist festzuhalten.

9.2.5 Während der Herstellung der Mikropfähle ist der Baugrund zu beobachten. Abweichende Eigenschaften, die für die Qualität der Mikropfähle von Bedeutung sein könnten, sind festzuhalten. Gegebenenfalls sind weitere geeignete Untersuchungen zu veranlassen.

9.2.6 Nach der Herstellung ist ein Bestandsplan anzufertigen, in dem die Mikropfähle bezüglich ihrer Position, Abmessung sowie Kopf- und Gründungshöhenlage dargestellt sind.

9.2.7 Der Bestandsplan, die Aufzeichnungen sowie etwaige weitere Herstellungsdokumente sind entsprechend den vertraglichen Vereinbarungen und/oder den gesetzlichen Bestimmungen aufzubewahren.

### 9.3 Mikropfahlversuche

#### 9.3.1 Allgemeines

9.3.1.1 Versuche an Mikropfählen können an Vorversuchs-Mikropfählen und/oder Bauwerks-Mikropfählen durchgeführt werden.

9.3.1.2 Die grundsätzlichen Anforderungen an Mikropfahl-Probebelastungen sind in EN 1997-1 enthalten.

ANMERKUNG Es wird erwartet, dass in Zukunft eine separate EN die benötigten Vorgaben für Versuche und Probebelastungen enthalten wird.



## 9.3.2 Statische Probelastungen

### 9.3.2.1 Allgemeines

9.3.2.1.1 Statische Probelastungen an Mikropfählen können durchgeführt werden als:

- a) lastgesteuerte Versuche;
- b) weggesteuerte Versuche.

9.3.2.1.2 Ist die Belastung nicht nach 9.3.2.3 spezifiziert, ist sie nach EN 1997-1:2004, 7.5.2.1 durchzuführen.

ANMERKUNG 1 Mikropfähle mit Stahltraggliedern, die Drucklasten über Mantelreibung in den Baugrund ableiten, können in Absprache mit dem Technischen Bauherrenvertreter auch Zugversuchen unterworfen werden. Die Anzahl der Probelastungen ergibt sich nach 9.3.2.3.2.

ANMERKUNG 2 Mikropfähle mit Stahltraggliedern, die die Lasten über Mantelreibung in den Baugrund ableiten, dürfen nach EN 1537 getestet werden.

### 9.3.2.2 Statische Probelastungen an Vorversuchs-Mikropfählen

9.3.2.2.1 Statische Probelastungen an Vorversuchs-Mikropfählen sind durchzuführen, wenn:

- a) neue Techniken bei der Herstellung der Mikropfähle eingesetzt werden;
- b) Mikropfähle in Baugrundverhältnissen eingesetzt werden, für die keine Erfahrungen aus früheren Probelastungen vorliegen;
- c) höhere Belastungen als bereits in vergleichbaren Baugrundverhältnissen nachgewiesen, aufgebracht werden;
- d) die Ergebnisse der statischen Probelastung zur Bemessung herangezogen werden.

9.3.2.2.2 Wenn statische Probelastungen an Vorversuchs-Mikropfählen durchgeführt werden, sollten mindestens 2 Mikropfähle belastet werden.

9.3.2.2.3 Bei der Auswahl des Standorts der Vorversuchs-Mikropfähle sind die Baugrundverhältnisse zu beachten.

### 9.3.2.3 Statische Probelastungen an Bauwerks-Mikropfählen

9.3.2.3.1 In der Projektspezifikation ist festzulegen, ob statische Probelastungen an Bauwerks-Mikropfählen durchzuführen sind.

9.3.2.3.2 Soweit nicht anders festgelegt sollten für Mikropfähle, die Druckkräfte übertragen, für die ersten 100 Stück an mindestens zwei Mikropfählen Probelastungen durchgeführt werden. Für jeweils die nächsten 100 Stück ist mindestens eine weitere Probelastung vorzusehen.

9.3.2.3.3 Soweit nicht anders festgelegt sollten für Mikropfähle, die Zugkräfte übertragen, für die ersten 25 Stück an mindestens zwei Mikropfählen Probelastungen durchgeführt werden. Für jeweils die nächsten 25 Stück ist mindestens eine weitere Probelastung vorzusehen.

### 9.3.2.4 Belastungsvorgang

9.3.2.4.1 Der Belastungsvorgang sollte nach EN 1997-1:2004, 7.5.2.1 erfolgen.

**9.3.2.4.2** Bei statischen Probelastungen an Bauwerkspfählen darf die maximale Prüflast nicht die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen.

**9.3.2.4.3** Die seitlichen Verschiebungen des Mikropfahlkopfes sollten während der Probelastung ebenfalls gemessen werden.

### **9.3.3 Dynamische Probelastungen und Integritätsprüfungen**

**ANMERKUNG** Die Anwendung von dynamischen Probelastungen und Integritätsprüfungen kann für Mikropfähle nicht verallgemeinert werden, da die Auswertung der Ergebnisse bezüglich der Tragfähigkeit und Integrität je nach Durchmesser und Formgebung sowie Vorhandensein eines Tragglieds problematisch sein kann. Deshalb ist die Anwendung dynamischer Probelastungen und Integritätsprüfungen auf solche Fälle zu begrenzen, in denen Erfahrungen oder Vergleiche mit statischen Probelastungen eine zuverlässige Auswertung und Interpretation erlauben.

**9.3.3.1** Vor der Durchführung dynamischer Probelastungen muss der Mikropfahl eine ausreichende Festigkeit erreicht haben.

**9.3.3.2** Dynamische Probelastungen und Integritätsprüfungen sind mit einer für diesen Zweck erprobten Ausrüstung durchzuführen. Ihre Auswertung und Interpretation muss durch auf diesem Gebiet ausreichend qualifizierte Personen, die weiterhin auch Kenntnisse in der Pfahlherstellung und Erfahrungen mit dem vorliegenden Baugrund besitzen, erfolgen.

**9.3.3.3** Die Versuchseinrichtung ist entsprechend den Anleitungen des Herstellers zu benutzen. Der Mikropfahl ist für den Zweck der Probelastung entsprechend vorzubereiten.

## **10 Aufzeichnungen**

### **10.1 Allgemeines**

**10.1.1** Die Einzelheiten der Aufzeichnungen sind vor Beginn der Mikropfahlarbeiten festzulegen.

**10.1.2** Alle Aufzeichnungen sind durch den Vertreter des Ausführenden und den Technischen Bauherrenvertreter zu unterzeichnen, soweit nicht anders vereinbart.

### **10.2 Aufzeichnungen bei der Mikropfahlherstellung**

**10.2.1** Die Baustellenaufzeichnungen bestehen aus zwei Teilen:

Erster Teil mit allgemeinen Angaben zum Vertrag und zu den Baustellenverhältnissen einschließlich Angaben

- a) zum Mikropfahl (Typ, Abmessungen usw.);
- b) zur Bewehrung und zum Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton;
- c) zum Herstellungsverfahren.

Zweiter Teil mit besonderen Angaben zur Herstellung jedes einzelnen Mikropfahls.

**10.2.2** Der Teil mit den allgemeinen Angaben sollte für die verschiedenen Pfahltypen und Herstellungsverfahren ähnlich sein und die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführten Daten enthalten.

**10.2.3** Der Teil mit den besonderen Angaben sollte auf den Pfahltyp und das Herstellungsverfahren ausgerichtet sein und die in der Tabelle 3 aufgeführten Daten enthalten.

**10.2.4** Wenn es zweckmäßig ist, dürfen die Angaben

- als einzelne Aufzeichnungen für jeden Pfahl oder
- als Sammelaufzeichnungen für mehrere Pfähle gleichen Typs und gleichen Herstellungsverfahrens vorgelegt werden.

**Tabelle 1 — Allgemeine Angaben zur Baustelle**

Nr.	Gegenstand	Erfordernis
1	Auftragnehmer der Mikropfahlarbeiten	X
2	Lage der Baustelle	X
3	Kunde/Auftraggeber	(X)
4	Bezeichnung des Auftrags	X
5	Hauptauftragnehmer	(X)
6	Plan Nr.	(X)
7	Anzahl der Mikropfähle	X
8	Höhenlage der Oberkante der Tragglieder	(X)
9	Bezugsniveau der Baustelle	X
10	Niveau der Arbeitsebene	X
11	Grundwasserspiegel	(X)
12	Technischer Bauherrenvertreter	X
X Erforderliche Angaben. (X) Angaben nur, falls zutreffend.		

**Tabelle 2 — Allgemeine Angaben zur Herstellung der Mikropfähle**

Nr.	Gegenstand	Erfordernis
1	Mikropfahltyp	X
2	Durchmesser des Mikropfahls	X
3	Bewehrungsdetails	X
4	Abstandhalter	(X)
5	Eigenschaften des Verpressmörtels, Zementmörtels/Feinkornbeton und Betons	X
6	Angaben zum Einbringen des Verpressmörtels, Zementmörtels/Feinkornbeton und Betons	X
7	Bohr- bzw. Einbringverfahren	X
8	Bohr- bzw. Einbringeinrichtung	X
9	Angaben zur Spülung	(X)
10	Grundwasser- und Bodenkontaminationen	(X)
X Erforderliche Angaben. (X) Angaben nur, falls zutreffend.		

Tabelle 3 — Angaben zur Ausführung

Nr.	Gegenstand	Erfordernis
1	Mikropfahlnummer	X
2	Datum der Ausführung	X
3	Bohr- bzw. Einbringzeiten	X
4	Unterbrechung der Bohr- bzw. Einbringarbeiten	(X)
5	Beseitigung von Hindernissen	(X)
6	Tiefe des Mikropfahls	X
7	Tiefe der Verrohrung	(X)
8	Länge der Bewehrung	X
9	Niveau des oberen Endes der Bewehrung	X
10	Anzahl und Anordnung von Verbindungen und Schweißnähten	(X)
11	Anzahl und Anordnung der Abstandhalter	(X)
12	Angaben zur Bohrlochprüfung und Vorverpressung	(X)
13	Volumen des eingebrachten Mörtels oder Betons	X
14	Druck beim Einbringen des Mörtels oder Beton	X
15	Tests am Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton und Beton auf der Baustelle	(X)
16	Volumen oder Durchmesser der Fußaufweitung	(X)
17	Ablauf der Nachverpressung	(X)
18	Herstellungsabweichung: Lage	X
19	Herstellungsabweichung: Neigung	(X)
X Erforderliche Angaben. (X) Angaben nur, falls zutreffend.		

10.2.5 Beispiele für Pfahlherstellungsprotokolle sind in Anhang F für gebohrte Mikropfähle und in Anhang G für im Verdrängungsverfahren eingebrachte Mikropfähle gegeben.

### 10.3 Aufzeichnungen für Mikropfahlversuche

10.3.1 Die Anforderungen an die Aufzeichnung statischer Probelastungen ergeben sich aus EN 1997-1.

10.3.2 Die Aufzeichnungen dynamischer Probelastungen und Integritätstests müssen beinhalten:

- a) die Begründung für die Probelastung;
- b) die Versuchsaufzeichnungen und
- c) die sich aus den Probelastungen ergebenden Schlussfolgerungen.

## 11 Besondere Anforderungen

### 11.1 Hinsichtlich der

- a) Baustellensicherheit,
- b) Sicherheit der Bauverfahren und
- c) Arbeitssicherheit bei der Pfahlherstellung und der Handhabung von Hilfsgeräten und Werkzeugen

sind alle nationalen Normen, behördlichen Auflagen und Festlegungen für die Ausführung von Mikropfahlarbeiten einzuhalten, solange keine verbindliche Europäische Norm existiert.

Die Ausrüstung muss den Anforderungen nach EN 791 und EN 996 entsprechen.

**11.2** Bezüglich Lärmbelästigung und Umweltschutz sind die nationalen Regelungen und die örtlichen Gegebenheiten zu beachten, solange keine verbindliche Europäische Norm existiert.

**11.3** Für alle verwendeten Baustoffe ist die Umweltverträglichkeit durch den Auftragnehmer nachzuweisen. Der für den Einsatz der Baustoffe zuständige Technische Bauherrenvertreter muss der Verwendung zustimmen.

### 11.4 Auswirkungen auf angrenzende Bebauung und Böschungen

**11.4.1** Der Zustand der Nachbarbebauung und angrenzender Böschungen ist sorgfältig vor und während der Mikropfahlarbeiten zu überwachen und zu dokumentieren, sofern dies in der Projektspezifikation gefordert ist.

**11.4.2** Die Nachbarbebauung und angrenzende Böschungen sind durch wiederholtes Nivellieren zu überwachen und gegebenenfalls müssen Alarmsysteme installiert werden, sofern dies in der Projektspezifikation gefordert ist.

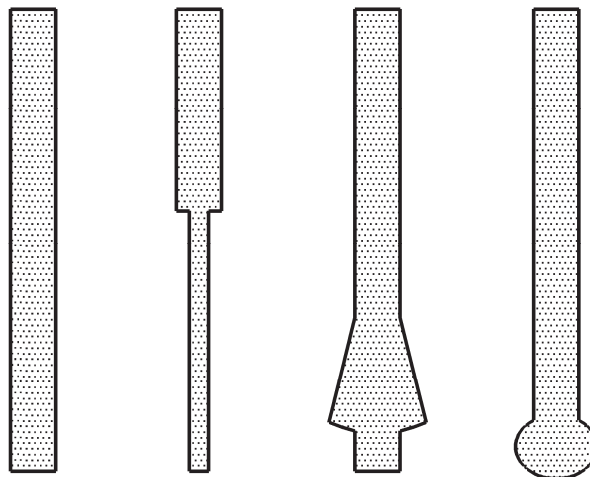
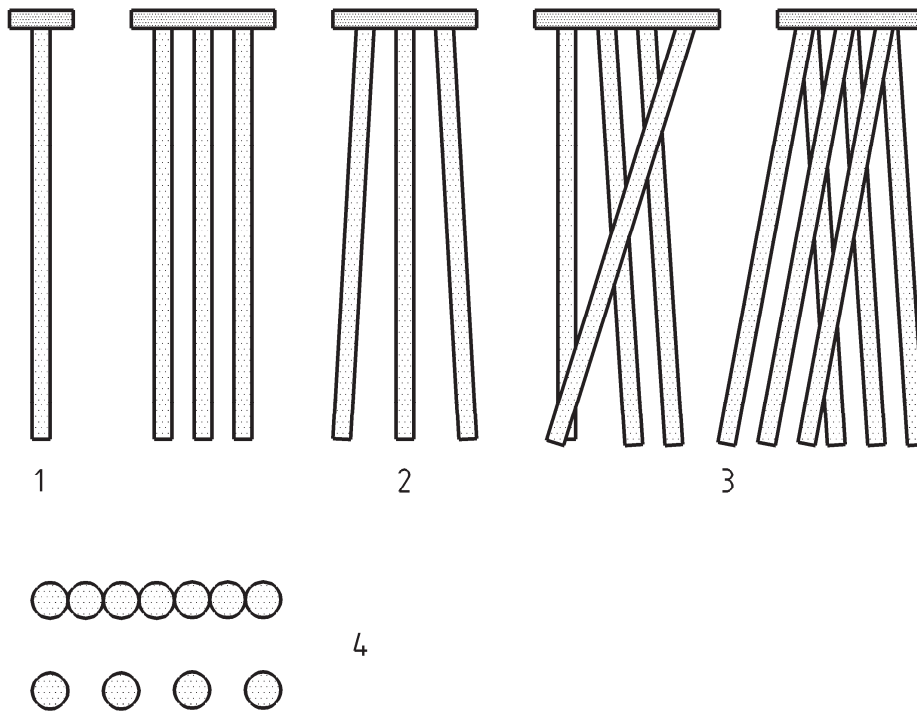


Bild 1 — Beispiele für Mikropfahlmantel- und Mikropfahlfußformen



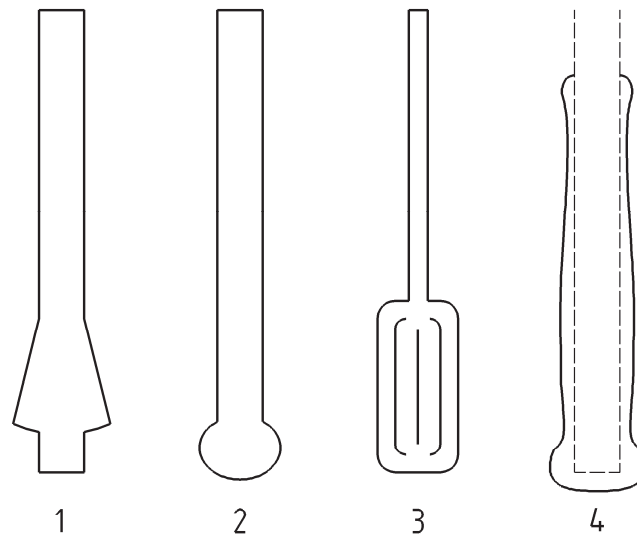
Bild 2 — Definition der Neigung von Mikropfählen



**Legende**

- 1 Einzelner Mikropfahl
- 2 Mikropfahlgruppe
- 3 Netzartig angelegte Mikropfähle
- 4 Mikropfahlwände

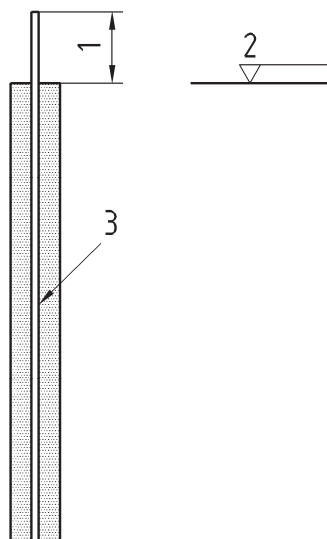
Bild 3 — Beispiele für Mikropfahltragwerke



**Legende**

- 1 Gebohrter Mikropfahl mit Fußaufweitung
- 2 Verrohrt hergestellter Ortbeton-Mikropfahl mit Fußaufweitung
- 3 Mikropfahl mit einer durch einen Expansionskörper hergestellten Fußaufweitung
- 4 Durch Verpressung aufgeweiteter Mikropfahl

**Bild 4 — Beispiele für Fußaufweitungen**



**Legende**

- 1 Überstand
- 2 Kapphöhe
- 3 Bewehrung

**Bild 5 — Definition des Überstands**

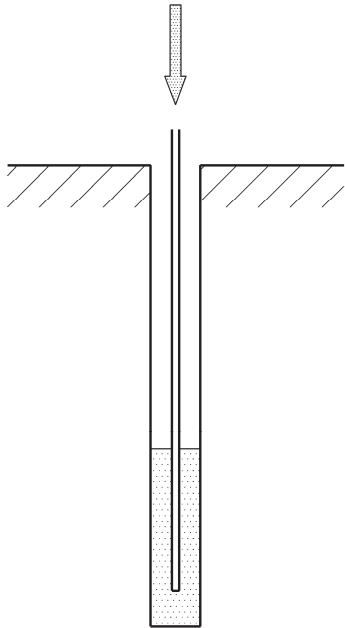


Bild 6a) — Verfüllen eines Bohrlochs mit Verpressmörtel

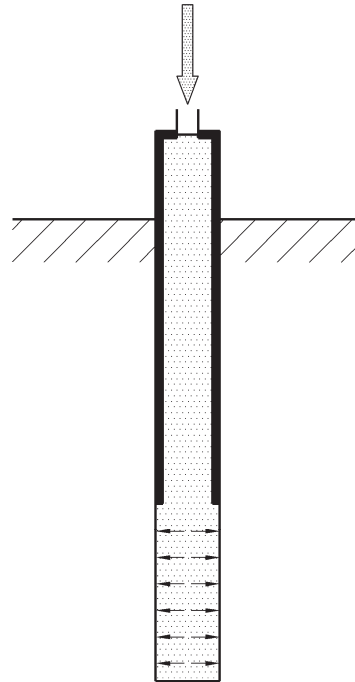


Bild 6b) — Verpressung durch eine temporäre Verrohrung

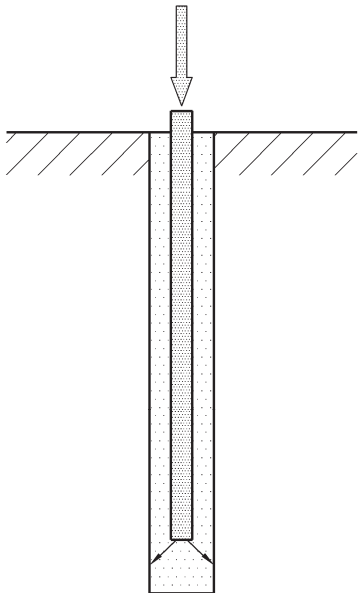
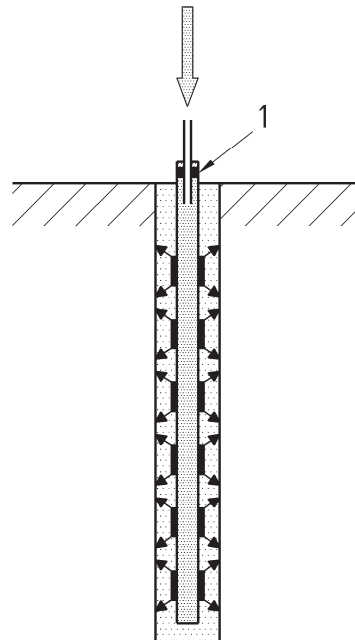


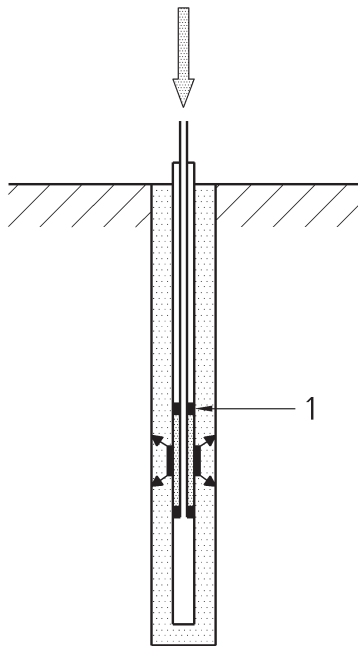
Bild 6c) — Verpressung durch ein Tragglied



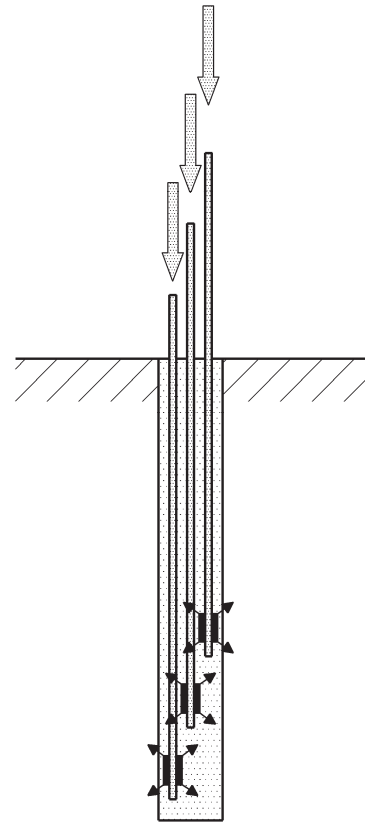
Legende  
1 Packer

Bild 6d) — Verpressung durch Manschettenröhrchen





**Legende**  
1 Packer



**Bild 6e) — Nachverpressung durch  
Manschettenröhrchen oder spezielle Ventile**

**Bild 6f) — Verpressung durch gestaffelt  
angeordnete Verpressröhrchen**

**Bild 6 — Beispiele für Verpressungen**

## Anhang A (informativ)

### Herstellungsverfahren von Mikropfählen

#### A.1 Gebohrte Mikropfähle

Tabelle A.1 — Herstellungsverfahren für gebohrte Mikropfähle

Bohrverfahren	Bewehrungstyp	Verfüll-/Verpressverfahren	Verpressgut	Optionen
Spülbohrverfahren Schlagbohrverfahren Bohrverfahren mit Greifer oder Meißel	Bewehrungskorb	Verfüllen, Betonieren	Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton	Verrohrung
		Verpressung durch die Verrohrung	Verpress- oder Zementmörtel/Feinkornbeton	
	Tragglied	Verfüllen, Betonieren	Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton	Verrohrung
		Verpressung durch: — die Verrohrung; — das Tragglied; — die Manschettenröhrchen.	Verpressmörtel	
		Nachverpressung durch: — die Manschettenröhrchen — spezielle Ventile — Nachverpressröhrchen	Verpressmörtel	Fußverbreiterung
		Verpressen während des Bohrens	Verpressmörtel	Nachverpressung durch das Tragglied
Verbleibende Verrohrung (mit oder ohne Bewehrungskorb)	Verfüllen oder Betonieren	Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton	Fußverbreiterung	
Bohren mit durchgehender Förderschnecke	Bewehrungskorb	Verpressen oder Betonieren durch das Seelenrohr der Schnecke	Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton	
	Tragglied			

## A.2 Verdrängungsmikropfähle (Eingebrachte Mikropfähle)

Tabelle A.2 — Einbringungsverfahren für Verdrängungsmikropfähle

	Baustoff (Verrohrung)	Querschnitt/Bewehrung	Optionen/Verpressung
<b>A.2.1 Fertigpfahl</b>	bewehrter Beton	Vollquerschnitt	Mantelverpressung
	Stahl oder Gusseisen	Offene Röhre	Mantelverpressung
		Röhre mit geschlossenem Ende	Verfüllung mit Verpressmörtel, Zementmörtel/Feinkornbeton oder Beton; mit oder ohne Mantelverpressung
		Profile	Mantelverpressung
<b>A.2.2 Ortbetonpfahl</b>	Temporäre Verrohrung	Bewehrungskorb	Verfüllen, Betonieren
			Verpressung durch die Verrohrung
		Tragglied	Verfüllen, Betonieren:
			Verpressen durch: — die Verrohrung; — das Tragglied; — Manschettenröhrchen;
		Nachverpressung durch: — Manschettenröhrchen; — besondere Ventile; — Nachverpressröhrchen;	
	Verbleibende Verrohrung	Bewehrungskorb	Betonieren, mit oder ohne Fußverbreiterung

## Anhang B (informativ)

### Richtwerte für die Maßabweichungen bei der Herstellung

Die folgenden Maßabweichungen sollten bei Entwurf, Bemessung und Ausführung berücksichtigt werden:

- Grundrissanordnung von vertikalen und geneigten Mikropfählen (gemessen an der Arbeitsebene):  
 $\leq 0,05$  m;
- Abweichung von der Soll-Achse:
  - für vertikale Mikropfähle: max. 2 % der Pfahllänge;
  - für schwach geneigte Mikropfähle ( $n > 4$ ): max. 4 % der Pfahllänge (siehe Bild 2);
  - für stark geneigte Mikropfähle ( $n < 4$ ): max. 6 % der Pfahllänge (siehe Bild 2);
- Radius der Krümmung minimal 200 m;
- Maximale Winkelabweichung am Anschluss: 1/150 Bogenmaß.

## Anhang C (informativ)

### Mindestüberdeckung der Bewehrung und Tragglieder aus Stahl niedriger Festigkeit für Mikropfähle unter Berücksichtigung der Expositions-klasse nach EN 206-1

Maße in Millimeter

Expositions-klasse	Chemische Aggressivität	Tragglied mit Verpressmörtel-überdeckung		Mörtel		Bewehrter Beton
		Druck	Zug	Druck	Zug	Druck und Zug
XC1 – XC4	nicht vorhanden	20	30	35	40	50
XD1, XD2, XD3*	Chloride, ausgenommen Salzwasser	***	***	***	***	***
XS1 – XS3	Salzwasserchloride	***	***	***	***	***
XA1**	Schwach	***	***	***	***	***
XA2	Mittel	***	***	***	***	***
XA3	Stark	***	***	***	***	***
<p>* Für XD3 sind gegebenenfalls besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz vorzuhalten.</p> <p>** HS Zement ist in Umgebung mit der Gefahr des Sulfatangriffs zu verwenden.</p> <p>*** Die leeren Felder sind zu spezifizieren.</p>						

## Anhang D

(informativ, ist zur Beurteilung des Korrosionsschutzes von Mikropfählen nicht anzuwenden)

### Angaben zur Korrosionsgeschwindigkeit

**Die Verringerung des Bewehrungsquerschnitts (in mm) durch Korrosion für Stahlpfähle und Stahlpundwände in Böden mit oder ohne Grundwasser (= Tabelle 4-1 von EN 1993-5)**

Erforderliche Lebensdauer in Jahren [a]	5	25	50	75	100
Ungestörte natürliche Böden (Sand, Schluff, Ton, ...)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verschmutzte natürliche Böden und Industriebaugrund	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressive natürliche Böden (Sumpf, Klei, Torf, ....)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Unverdichtete und nichtaggressive Auffüllungen (Ton, Sand, Schluff, ...)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Unverdichtete aggressive Auffüllungen (Asche, Schlacke, ....)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

ANMERKUNG 1 Die angegebenen Werte sind nur Richtwerte. Die örtlichen Gegebenheiten sollten berücksichtigt und geeignete Werte unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten in den nationalen Anhängen angegeben werden.

ANMERKUNG 2 Die Korrosionsgeschwindigkeit in verdichteten Auffüllungen ist geringer als diejenige in unverdichteten Auffüllungen. Für verdichtete Auffüllungen sind die Tabellenwerte zu halbieren.

ANMERKUNG 3 Die Werte für 5 und 25 Jahre basieren auf Messungen, wogegen die anderen Werte extrapoliert sind.

## **Anhang E** (informativ)

### **Bohrlochprüfungen und Vorverpressung**

Für in verwittertem und stark geklüftetem Fels installierte Mikropfähle kann eine Bohrlochprüfung und Vorverpressung notwendig sein, um einen unkontrollierten Verlust an Verpressmörtel zu verhindern und um die erforderliche Mörtelüberdeckung des Tragglieds zu gewährleisten.

Die Wahrscheinlichkeit eines Verlusts an Verpressmörtel kann nach Durchführung und Auswertung eines Wasserdurchlässigkeitsversuchs abgeschätzt werden. Üblicher Weise wird hierfür ein Test mit fallender Druckhöhe im Bohrloch entweder über die gesamte Länge oder bereichsweise mit Hilfe eines Packers durchgeführt. Eine Vorverpressung ist üblicherweise nicht erforderlich, wenn die entweichende Wassermenge weniger als 5 l/min bei einem Druck von 0,1 MPa über einen Zeitraum von 10 min beträgt.

Eine Vorverpressung wird durch ein Verfüllen des Bohrlochs mit einem Zementmörtel/Feinkornbeton durchgeführt. Aus Sand und Zement bestehender Verpressmörtel wird üblicherweise in geklüftetem Fels eingesetzt, um den Verbrauch an Verpressgut zu minimieren.

Bei Fertigstellung der Vorverpressung sollte das Bohrloch erneut geprüft und, falls erforderlich, die Verpressung nach dem Wiederausbohren wiederholt werden.

**Anhang F**  
 (informativ)

**Pfahlherstellungsprotokoll für gebohrte Mikropfähle**

<b>Mikropfahlhersteller</b> verantwortlich auf der Baustelle		Blatt	<b>Datum</b>			
		<b>Mikropfahl:</b> Typ, Bohrlochdurchmesser Bewehrung: Typ, Bewehrungsgrad, Durchmesser, Abstandhalter				
<b>Baustelle, Ort</b> Auftraggeber Vertrag		Mörtel: Zementgüte, Wasser-Zement-Wert Beton: Betonklasse, Größtkorn, Konsistenz Einbringungsart: verrohrt, verpresst, Betonierrohr Bohrmethode: Ausrüstung, Spülflüssigkeit				
<b>Plan-Nr.</b> Gesamtanzahl an Mikropfählen Pfahllänge über/unter Arbeitsebene Niveau von: Baustelle            Arbeitsebene            Grundwasser		Besonderes:				
<b>Mikropfahl-Nr.:</b>						
Herstellungsdatum						
Beginn der Bohrarbeiten (Uhrzeit)						
Unterbrechungen (h)						
Hindernisse mit Tiefenangabe (m)						
Tiefe des Mikropfahls (m)						
Tiefe der Verrohrung (m)						
Länge der Bewehrung (m)						
Länge über/unter Geländeoberfläche (m)						
Schweißnähte/Verbindungen (Anzahl, Pos.)						
Abstandhalter mit Abstand (m) und Anzahl						
Bohrlochprüfung (MPa) mit Tiefenangabe (m)						
Vorverpressung (l oder kg / bar)						
Mörtel-/Betonvolumen (l oder kg)						
Max. Druck (bar)						
Prüfung des Mörtels/Betons vor Ort (Typ)						
Fuß-/Mantelaufweitung (l/Durchmesser)						
Nachverpressung (l oder kg / bar)						
Abweichung bezüglich Position (mm): x,y						
Abweichung bezüglich Neigung (°)						



**Anhang G**  
(informativ)

**Pfahlherstellungsprotokoll für Verdrängungsmikropfähle**

<b>Mikropfahlhersteller</b> verantwortlich auf der Baustelle	Blatt		Datum		
<b>Baustelle, Ort</b> Auftraggeber Vertrag	<b>Mikropfahl:</b>	Stahl	Beton	Verbundpfahl	
<b>Plan-Nr.</b> Gesamtanzahl an Mikropfählen Pfahllänge über/unter Arbeitsebene Niveau von: Baustelle      Arbeitsebene      Grundwasser	Durchmesser/max. Mantel:	Querschnittsbreite (mm)			
Besonderes:	Profil, Material des Fußes:	Fuß:			
	Tragglied:	Typ, Bewehrungsgrad: Durchmesser/max. Breite (mm)			
	Fertigbeton:	Klasse Abstandhalter (Typ):			
	Ortbeton:	Klasse, Größtkorn, Konsistenz			
	Mörtel:	Zementgüte, Wasser-Zement-Wert			
	Einbringungsart:	verrohrt, verpresst, Betonierrohr			
	Rammverfahren:	Ausrüstung, Rammhilfe			
<b>Mikropfahl-Nr:</b>					
Herstellungsdatum					
Zeit der Rammarbeiten (Uhrzeit)					
Unterbrechungen (h)					
Hindernisse mit Tiefenangabe (m)					
Tiefe des Mikropfahls (m)					
Länge der Bewehrung (m)					
Länge über Geländeoberfläche (m)					
Schweißnähte/Verbindungen (Anzahl, Pos.)					
Abstandhalter mit Abstand (m) und Anzahl					
Mörtel-/Betonvolumen (l oder kg)					
Max. Druck (bar)					
Prüfung des Mörtels/Beton vor Ort (Typ)					
Volumen der Fußaufweitung (l)					
Nachverpressung (l oder kg / bar)					
Abweichung bezüglich Position (mm): x,y					
Abweichung bezüglich Neigung (°)					

## **Literaturhinweise**

EN 196, *Prüfverfahren für Zement*

EN 10149, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen*

EN 287-1:2004, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN ISO 15607:2003, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607-2003)*

EN 288-2:1992, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 2: Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen*

EN ISO 15614-1, *Anforderungen und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfungen — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004)*

EN 445:1996, *Grout for prestressing tendons — Test methods*

EN 447, *Einpressmörtel für Spannglieder — Anforderungen für üblichen Einpressmörtel*

EN 499:1994, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung*

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

EN 10219-1:1997, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 1997-3, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 3: Felduntersuchungen für die geotechnische Bemessung*

EN 12716:2001, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Düsenstrahlverfahren (Hochdruckinjektion, Hochdruckbodenvermörtelung, Jetting)*

EN ISO 4063:2000, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern (ISO 4063:1998)*

EN ISO 5817:2003, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003)*

EN ISO 9692-2:1998, *Schweißen und verwandte Verfahren — Schweißnahtvorbereitung — Teil 2: Unterpulverschweißen von Stahl (ISO 9692-2:1998)*