

DIN EN 12716**DIN**

ICS 93.020

Ersatz für
DIN EN 12716:2001-12**Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau –
Düsenstrahlverfahren;
Deutsche Fassung EN 12716:2018**Execution of special geotechnical work –
Jet grouting;
German version EN 12716:2018Exécution des travaux géotechniques spéciaux –
Jet grouting;
Version allemande EN 12716:2018

Gesamtumfang 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN EN 12716:2019-03

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12716:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-08 AA „Injektionen, Düsenstrahlverfahren, tiefeichende Bodenstabilisierung (SpA zu CEN/TC 288/WG 17 und WG 18)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12716:2001-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) inhaltliche und redaktionelle Überarbeitung der Norm;
- b) Aufnahme des informativen Anhangs A „Bestimmung der Materialfestigkeit“;
- c) Aufnahme des informativen Anhangs B „Qualität der Proben“.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12716: 2001-12

Deutsche Fassung

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Düsenstrahlverfahren

Execution of special geotechnical work —
 Jet grouting

Exécution des travaux géotechniques spéciaux —
 Jet grouting

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 28. September 2018 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 CEN-CENELEC-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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Inhalt

| | Seite |
|---|-----------|
| Europäisches Vorwort | 4 |
| 1 Anwendungsbereich..... | 5 |
| 2 Normative Verweisungen | 5 |
| 3 Begriffe | 6 |
| 4 Notwendige Informationen für die Ausführung..... | 8 |
| 4.1 Allgemeines | 8 |
| 4.2 Spezifische Anforderungen..... | 9 |
| 5 Baugrunduntersuchung | 10 |
| 5.1 Allgemeines | 10 |
| 5.2 Spezifische Anforderungen..... | 10 |
| 6 Baustoffe und Bauprodukte..... | 11 |
| 6.1 Allgemeines | 11 |
| 6.2 Zement..... | 11 |
| 6.3 Wasser | 12 |
| 6.4 Bentonit..... | 12 |
| 6.5 Zusatzstoffe..... | 12 |
| 6.6 Zusatzmittel..... | 12 |
| 6.7 Bewehrung..... | 12 |
| 7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung..... | 13 |
| 7.1 Allgemeines | 13 |
| 7.2 Geometrische Randbedingungen..... | 14 |
| 7.3 Festigkeit und Verformungseigenschaften | 15 |
| 7.4 Durchlässigkeit..... | 15 |
| 8 Ausführung..... | 15 |
| 8.1 Allgemeines | 15 |
| 8.2 Ausrüstung..... | 17 |
| 8.3 Vorbereitung der Baustelle..... | 17 |
| 8.4 Bohrung und Toleranzen..... | 18 |
| 8.5 Düsenstrahlarbeit | 18 |
| 8.6 Rückfluss..... | 18 |
| 8.7 Einbringen der Bewehrung..... | 19 |
| 9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen..... | 19 |
| 9.1 Allgemeines | 19 |
| 9.2 Vorversuche..... | 19 |
| 9.3 Überwachung und Verfahrensprüfungen..... | 20 |
| 9.4 Prüfung der Düsenstrahlelemente..... | 21 |
| 9.4.1 Prüfung zur Beurteilung der Abmessungen | 21 |
| 9.4.2 Mechanische Prüfungen | 21 |
| 9.4.3 Durchlässigkeitsprüfungen | 21 |
| 9.5 Überwachung | 21 |
| 10 Aufzeichnungen..... | 22 |
| 10.1 Auf der Baustelle verfügbare Unterlagen..... | 22 |
| 10.2 Auf der Baustelle zu erstellende Unterlagen..... | 23 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 11 | Besondere Anforderungen | 23 |
| 11.1 | Übereinstimmung mit nationalen und Europäischen Normen | 23 |
| 11.2 | Baustellensicherheit | 23 |
| 11.3 | Umweltschutz | 24 |
| | Anhang A (informativ) Bestimmung der Materialfestigkeit | 25 |
| | Anhang B (informativ) Qualität der Proben | 27 |
| B.1.1 | Güteklasse A: | 27 |
| B.1.2 | Güteklasse B: | 27 |
| B.1.3 | Güteklasse C: | 28 |
| B.1.4 | Güteklasse D: | 28 |
| | Anhang C (normativ) Direkte und indirekte Prüfungen und Qualitätskontrollen | 30 |
| | Anhang D (informativ) Beispiele für Baustellenberichte beim Düsenstrahlverfahren | 32 |
| | Anhang E (informativ) Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen | 35 |
| | Literaturhinweise | 38 |

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 12716:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12716:2001.

Der allgemeine Anwendungsbereich von TC 288 umfasst die Normung der Ausführungsverfahren des Spezialtiefbaus (einschließlich Prüf- und Überwachungsmethoden) und der erforderlichen Materialeigenschaften. WG 17 wurde damit beauftragt, EN 12716:2001, welche Düsenstrahlverfahren behandelt, zu überarbeiten.

Für Entwurf, Planung und Ausführung des Düsenstrahlverfahrens sind Erfahrung und Kenntnisse in diesem Fachgebiet erforderlich. Für die Ausführungsphase ist kompetentes und qualifiziertes Personal erforderlich und die vorliegende Norm kann das Fachwissen von Fachunternehmen nicht ersetzen.

Dieses Dokument ist eine Ergänzung zu EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln* und EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*. Abschnitt 7 „Hinweise zu Entwurf und Bemessung“ dieser Europäischen Norm behandelt nur dort wo notwendig die Bemessung (z. B. detaillierte Angaben zur Bewehrung), deckt jedoch vollständig die Anforderungen an das Bauwerk und die Überwachung ab.

Diese Norm enthält zusätzliche Anforderungen an Zement und ergänzt die entsprechenden Bestimmungen von EN 197-1 und EN 1008.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt allgemeine Grundsätze für die Ausführung von Düsenstrahlarbeiten fest.

ANMERKUNG Das Düsenstrahlverfahren unterscheidet sich von den in EN 12715 erfassten Injektionsverfahren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 480-4, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Prüfverfahren — Teil 4: Bestimmung der Wasserabsonderung des Betons (Bluten)*

EN 934-4:2009, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 4: Zusatzmittel für Einpressmörtel für Spannglieder — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*

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

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

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

EN 12390-2, *Prüfung von Festbeton — Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen*

EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton — Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern*

EN 16228-1:2014, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 1: Gemeinsame Anforderungen*

EN 16228-6, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 6: Geräte für Injektionsarbeiten*

EN ISO 10414-1:2008, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Feldprüfung von Bohrspülungen — Teil 1: Flüssigkeiten auf Wasserbasis (ISO 10414-1:2008)*

DIN EN 12716:2019-03 EN 12716:2018 (D)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Düsenstrahlverfahren

Vorgang der hydraulischen Auflösung von Boden oder mäßig festem Gestein durch einen energiereichen Flüssigkeitsstrahl, der das Verfestigungsmittel selbst sein kann, und seine gleichzeitige Mischung mit und sein teilweiser Ersatz durch Suspension, um ein Düsenstrahlelement nach Erhärtung des hydraulischen Bindemittels herzustellen

3.2

Düsenstrahlelement

aus einem einzelnen Bohrloch behandeltes Volumen an Boden oder mäßig festem Gestein

3.3

Düsenstrahlkörper

Anordnung von Düsenstrahlelementen, die teilweise oder vollständig miteinander verbunden sind

3.4

sub-vertikales Düsenstrahlverfahren

Verfahrensart, die in einem vertikalen oder sub-vertikalen Bohrloch ausgeführt wird ($\pm 20^\circ$ Abweichungen von der vertikalen Ebene)

3.5

sub-horizontales Düsenstrahlverfahren

Verfahrensart, die in einem horizontalen oder sub-horizontalen Bohrloch ausgeführt wird ($\pm 20^\circ$ Abweichungen von der horizontalen Ebene)

3.6

geneigtes Düsenstrahlverfahren

Verfahrensart, die in einer anderen als sub-vertikalen oder sub-horizontalen Neigung ausgeführt wird

3.7

1-Phasensystem

Düsenstrahlverfahren mit einer einzigen Flüssigkeit, welche die Bindemittelsuspension selbst ist

3.8

2-Phasensystem

1-Phasensystem mit einer zusätzlichen Luftummantelung um den Strahl

3.9

3-Phasensystem

2-Phasensystem, welches einen Wasserstrahl verwendet, wobei optional eine Luftummantelung um den Strahl hinzugefügt werden kann und gleichzeitig Bindemittelsuspension durch eine separate Öffnung unterhalb des Strahls zugegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen Fällen kann die Zugabe von Luft vollständig oder teilweise weggelassen werden.

6

3.10**Bohr- und Düsgerät**

Drehbohranlage mit automatischer Regelung für Drehzahl und Ziehgeschwindigkeit des Gestänges und des Düsenträgers

3.11**Bohr- und Düsgestänge**

Gestänge, mit einem , zwei oder drei innenliegenden Kanälen, die die Düsflüssigkeit(en) zum Monitor leiten

3.12**Monitor**

in der Nähe des unteren Endes des Düsgestänges angebrachtes Werkzeug, welches die Schneiddüse(n) hält

3.13**Schneiddüse**

am Düsenträger angebrachte Vorrichtung zur Erzeugung des Hochgeschwindigkeitsstrahls

3.14**Reichweite des Düsenstrahls**

Strecke, von der Achse des Düsenträgers aus gemessen, auf der eine hydraulische Aufschließung des Bodengefüges durch den Strahl erreicht wird

3.15**Rückfluss**

überschüssige Mischung aus aufgelöstem Boden oder mäßig festem Gestein und eingebrachten Flüssigkeiten aus dem Düsengang, der in der Regel über den Ringraum im Bohrloch an die Geländeoberfläche fließt

3.16**Düsenstrahlparameter**

Parameter definiert als:

- Anzahl und Durchmesser der Schneiddüse(n);
- Druck der Flüssigkeit(en);
- Durchflussrate der Flüssigkeit(en);
- Druck und Durchflussrate der Luft (sofern verwendet);
- Zusammensetzung der Suspension oder Flüssigkeit;
- Drehgeschwindigkeit des Düsgestänges;
- Zieh- oder Eindringgeschwindigkeit des Düsgestänges.

3.17**Vorschneiden (Mehrphasen-Düsenstrahlverfahren)**

Verfahren, bei dem der Herstellung eines Düsenstrahlelements eine Phase hydraulischen Aufschließens vorangestellt ist

3.18**erhärtetes Düsenstrahlmaterial**

Material, aus dem das Düsenstrahlelement besteht

DIN EN 12716:2019-03 EN 12716:2018 (D)

3.19

Bindemittelsuspension

pumpfähiges Material (Suspension, Lösung, Emulsion), bestehend aus Wasser, Bindemittel und Zusätzen, der als energiereicher Flüssigkeitsstrahl oder zur Verfestigung verwendet wird und der über die Zeit eine Festigkeit entwickelt, z. B. gemessen als einaxiale Druckfestigkeit

3.20

hydraulisches Bindemittel

Zement oder ähnliches Bauprodukt, das mit Wasser zur Herstellung von Bindemittelsuspensionen verwendet wird

3.21

gedüster Betonpfahl

Element, bei dem das gedüste Material über ein separates Kontraktorrohr durch Beton ersetzt wird, wodurch die im Hohlraum enthaltenen Stoffe ersetzt werden

3.22

Güteklasse der Probe

Klassifizierung der aus dem Düsenstrahlelement gewonnenen Proben nach Oberfläche, Struktur, Anzahl der Unregelmäßigkeiten und Zusammensetzung

3.23

geotechnischer Homogenbereich

sich deutlich von den angrenzenden Bereichen unterscheidende Gruppe von Bodenschichten, auf die ein Satz von einheitlichen Düsenstrahlparametern angewendet werden kann

4 Notwendige Informationen für die Ausführung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Vor Ausführung der Arbeiten müssen alle notwendigen Angaben zur Verfügung gestellt werden.

4.1.2 Diese Angaben müssen Folgendes enthalten:

- alle rechtlichen und gesetzlichen Auflagen;
- Lage der Hauptachsen zur Absteckung der Elementpositionen;
- Lage und Zustand von an die Baustelle angrenzenden Bauwerken, Straßen, Einbauten usw., einschließlich notwendiger Einmessungen;
- ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem, einschließlich Aufsicht, Überwachung und Prüfung.
- Geometrie der Baustelle (Randbedingungen, Topographie, Zugang, Böschungen usw.);
- verfügbarer Platz zur Lagerung, Behandlung und/oder Entsorgung des Rückflusses;
- vorhandene unterirdische Bauteile, Einbauten und archäologische Einschränkungen; potentiell Vorhandensein von Blindgängern und deren Lage;
- Umweltschutzauflagen, auch für Lärm, Erschütterung, Verschmutzung;
- künftig oder derzeit stattfindende Arbeiten wie Entwässerung, Tunnelbau oder Aushub tiefer Baugruben.

4.2 Spezifische Anforderungen

4.2.1 Die spezifischen Anforderungen müssen, sofern relevant, Folgendes umfassen:

- Spezifikationen zur Ausführung;
- erforderliche Materialfestigkeit und Steifigkeit;
- Grad der erforderlichen Wasserdichtigkeit;
- vorangegangene Nutzung der Standorts;
- angrenzende Bauwerke und deren Gründungen (Art, Zustand, Last und Geometrie);
- geotechnische Angaben und Daten, wie in Abschnitt 5 angegeben;
- Vorhandensein jeglicher Hindernissen im Boden (altes Mauerwerk, Anker, Beton, Blöcke und Findlinge usw.);
- Bescheinigung oder schriftliche Bestätigung über die Beseitigung aller nicht detonierter Kampfmittel;
- Vorhandensein von Einschränkungen bezüglich der lichten Höhe;
- Vorhandensein von natürlichen und/oder künstlich angelegten Hohlräumen (Minen usw.);
- Vorhandensein von Altlasten sowie deren Art, Ausdehnung und Grad der Verunreinigung;
- jegliche spezifische Anforderungen an die Düsenstrahlarbeiten, insbesondere im Hinblick auf Toleranzen, Qualität der Stoffe sowie Prüfverfahren und -frequenz;
- falls verfügbar, Erfahrungswerte aus bisherigen einschlägigen oder für die Baustelle relevanten Düsenstrahlarbeiten oder anderen Injektionsarbeiten;
- beabsichtigte angrenzende vorbereitende oder vorausseilende Maßnahmen wie Unterfangungen, Vorbehandlung des Erdreichs, Entwässerung;
- Umfang und Art der erforderlichen messtechnischen Instrumentierung für die Überwachung potentiell betroffener Bauwerke.

4.2.2 Notwendigkeit, Umfang, Vorgehensweise und der Inhalt aller Untersuchungen des Zustands von angrenzenden Bauwerken, Straßen, Einbauten, Leitungen usw. müssen festgelegt werden.

4.2.3 Die Untersuchungen müssen vor Beginn der Arbeiten erfolgen und vor Beginn der Arbeiten verfügbar sein und ihre Ergebnisse müssen verwendet werden, um die Schwellenwerte für alle Verformungen festzulegen, welche Auswirkungen auf die angrenzenden Bauwerke haben könnten.

4.2.4 Zusätzliche oder abweichende Anforderungen müssen vor Beginn der Arbeiten festgelegt werden, und das System zur Qualitätskontrolle muss auf geeignete Weise angepasst werden.

ANMERKUNG Derartige zusätzliche oder abweichende Anforderungen können beispielsweise sein:

- verminderte oder erhöhte geometrische Bautoleranzen;
- Anwendung verschiedener oder variierender Injektionsstoffe;
- spezielle Verankerung oder Qualität der Verbindung von Düsenstrahlelementen zu darunterliegendem Fels;

DIN EN 12716:2019-03 EN 12716:2018 (D)

- Bewehrung;
- Kapphöhen;
- umfassender manueller Aushub.

5 Baugrunduntersuchung

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die allgemeinen Anforderungen an die Baugrunduntersuchung sind in EN 1997-2 und den relevanten nationalen Dokumenten enthalten.

5.1.2 Die Tiefe und der Umfang der Baugrunduntersuchung sollten ausreichend sein, um alle Bodenformationen und Schichten zu identifizieren, die von den Düsenstrahlarbeiten betroffen sind, um alle relevanten Eigenschaften des Bodens und um die Baugrundverhältnisse zu bestimmen.

5.1.3 Relevante Erfahrungen über die Ausführung vergleichbarer Düsenstrahlarbeiten unter ähnlichen Bedingungen und/oder in der Nähe der Baustelle sollten bei der Bestimmung des Umfangs der Felduntersuchung berücksichtigt werden.

5.1.4 Der geotechnische Untersuchungsbericht muss vorliegen, um eine zuverlässige Planung und Ausführung des Düsenstrahlverfahrens zu ermöglichen.

5.1.5 Die Angemessenheit der Baugrunduntersuchung für die Planung und die Ausführung des Düsenstrahlverfahrens muss überprüft werden.

5.1.6 Ist die Baugrunduntersuchung nicht ausreichend, muss eine ergänzende Untersuchung vorgenommen werden.

5.2 Spezifische Anforderungen

5.2.1 Besondere Aufmerksamkeit ist auf die folgenden Aspekte zu richten, die für die Ausführung des Düsenstrahlverfahrens relevant sind:

- die Höhenkote an jedem Punkt der Untersuchung oder Prüfung relativ zur amtlichen Höhenbezugsebene oder einem bekannten Höhenfestpunkt;
- Standrohrspiegelhöhen aller Grundwasserspiegel und Durchlässigkeit der Böden;
- Vorhandensein von groben, stark durchlässigen Böden oder Hohlräumen (natürlich oder künstlich), die während des Düsens einen plötzlichen Materialverlust und eine Instabilität des Bohrlochs oder einen plötzlichen Abfall des Flüssigkeitsniveaus verursachen können und daher besondere Maßnahmen erforderlich machen können;
- Vorhandensein, Festigkeit und Verformungseigenschaften kohäsiver Böden wie Ton oder Torf, die Schwierigkeiten während des Düsens bereiten können;
- Vorhandensein von Findlingen oder Hindernissen, die Düsenschatten erzeugen können und eine Beurteilung ihrer Größe und Häufigkeit, sofern zutreffend;
- Vorhandensein, Lage, Festigkeit harten Gesteins bzw. anderer harter Materialien, die zu Schwierigkeiten während des Bohrens führen und die Verwendung speziellen Werkzeugs erforderlich machen können;

- Vorhandensein, Ausdehnung und Dicke jeglicher Schichten, die empfindlich auf Eindringen von Wasser oder den zusätzlichen durch das Düsenstrahlverfahren verursachten hydrostatischen Druck reagieren können;
- Schichten, in denen hohe Grundwassergeschwindigkeiten vorliegen, die das frische Düsenstrahlmaterial auswaschen könnten;
- schädliche chemische Eigenschaften von Grundwasser, Boden und Fels sowie die Wassertemperatur, sofern erforderlich;
- Vorhandensein von vorbehandeltem Boden, der sich während des Düsens nachteilig auswirken kann;
- Bergbau unter der Baustelle;
- Probleme der Standsicherheit auf der Baustelle (beispielsweise Böschungsstabilität).

5.2.2 Die Standrohrspiegelhöhen der verschiedenen Grundwasserspiegel auf der Baustelle müssen separat und über einen ausreichenden Zeitraum überwacht werden, um die höchsten Standrohrspiegelhöhen abzuschätzen, die während des Düsenstrahlverfahrens eintreten können.

5.2.3 Ein besonderes Augenmerk muss auf artesische Bedingungen geworfen werden.

5.2.4 Die relevanten Eigenschaften der Böden müssen durch Laborversuche und/oder Prüfungen vor Ort über die volle Tiefe der Düsenstrahlelemente und bis auf eine bestimmte Tiefe unter ihrem Fußpunkt bestimmt werden.

5.2.5 Falls es erforderlich ist, dass Düsenstrahlelemente an Gestein anbinden, müssen das Niveau der Gesteinsoberfläche und, wo erforderlich, die Gesteinseigenschaften, einschließlich der Festigkeit, des Verwitterungsgrades sowie des Ausmaßes und der Ausrichtung von Klüften bestimmt werden.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 Die Bestandteile müssen die Anforderungen erfüllen, die in den entsprechenden Europäischen Normen, den Auflagen für den Anwendungsort und in den Projektspezifikationen gestellt werden.

6.1.2 Die Bezugsquellen der Bestandteile müssen dokumentiert werden und dürfen nicht ohne vorherige Ankündigung verändert werden.

6.2 Zement

6.2.1 Der Zement für das Düsenstrahlverfahren muss EN 197-1 entsprechen.

6.2.2 Die Auswahl in Bezug auf Expositionsklassen muss EN 206 entsprechen.

6.2.3 Hydraulische Bindemittel dürfen, anders als bei Zement, verwendet werden, wenn die erforderliche Leistungsfähigkeit durch Prüfungen oder entsprechende Bestimmungen, Bescheinigungen oder Genehmigungen nachgewiesen ist.

6.2.4 Die Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (z. B. frei von C3A-Tricalciumaluminat) muss den am Ort der Verwendung geltenden Regeln entsprechen.

ANMERKUNG Diese Zementarten werden beispielsweise in kühlen, feuchten Umgebungen mit Sulfatvorkommen verwendet (z. B. Bauteile in Meereswasser).

DIN EN 12716:2019-03 EN 12716:2018 (D)

Falls keine örtlichen Bestimmungen gelten, sind vergleichbare Erfahrungen und/oder spezifische Untersuchungen notwendig.

6.2.5 Calciumaluminat-Zement darf nicht verwendet werden.

6.2.6 Zusatzstoffe vom Typ II, einschließlich Flugasche, Silikastaub (wie in EN 206 angegeben) und gemahlene granuliert Hochofenschlacke dürfen als Ersatz für Zement verwendet werden.

6.3 Wasser

Zugabewasser muss EN 1008 und EN 206 entsprechen.

6.4 Bentonit

6.4.1 Es sollte zwischen Calciumbentonit, natürlichem Natriumbentonit und aktiviertem Bentonit unterschieden werden. Letzterer ist ein Natriumbentonit, welcher mittels Ionenaustausch aus natürlichem Calciumbentonit hergestellt wurde.

ANMERKUNG 1 Bei Bentonit handelt es sich um Ton, der hauptsächlich das Mineral Montmorillonit enthält.

6.4.2 In Bindemittelsuspensionen verwendeter Bentonit darf keine schädlichen Bestandteile in der Menge aufweisen, dass Düsenstrahlelemente oder deren Bewehrung in einem unzumutbaren Ausmaß beeinträchtigt werden können.

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

6.5 Zusatzstoffe

Die Verwendung von Zusatzstoffen muss EN 206 entsprechen.

6.6 Zusatzmittel

Zusatzmittel müssen EN 206 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Die für das Düsenstrahlverfahren angewandten Zusatzmittel können sein:

- Wasser entziehend/verflüssigend;
- stark Wasser entziehend/hoch verflüssigend;
- auswaschfest;
- abbindeverzögernd;
- abbindebeschleunigend.

ANMERKUNG 2 Zusatzmittel können verwendet werden:

- um das Bluten und die Entmischung zu minimieren, die sich sonst aus einem hohen Wassergehalt ergeben könnten;
- um die Zeit der Verarbeitbarkeit der Suspension zu steuern.

6.7 Bewehrung

Wird Bewehrung eingesetzt, muss das Material mit den Anforderungen der relevanten Europäischen Produktnorm übereinstimmen.

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Das Düsenstrahlverfahren kann entweder für temporäre oder dauerhafte Bauwerke zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden:

- zur Herstellung tragender Bauteile;
- zur Herstellung durchlässigkeitsmindernder Elemente; oder
- einer Kombination aus beidem.

7.1.2 Bei der Planung von Düsenstrahlarbeiten sollte angegeben werden, ob die Ansatzpunkte der Bohrlöcher über oder unter dem Grundwasserspiegel oder einem artesischen Wasserspiegel liegen.

7.1.3 Überall dort, wo die Ansatzpunkte der Bohrlöcher unter dem Grundwasserspiegel oder unter einem artesischen Wasserspiegel liegen, müssen besondere Maßnahmen vorgesehen werden, um unkontrollierten Austrag von Material durch das Bohrloch zu verhindern.

7.1.4 Die spezifizierten physischen Eigenschaften und die Abmessungen der Düsenstrahlkörper müssen in der Planung angegeben werden.

7.1.5 Die Bedingungen vor Ort, welche die Reihenfolge der Herstellung der Elemente beeinflussen können, müssen festgelegt werden.

7.1.6 Wenn von Bedeutung, sollte die genaue Reihenfolge der Herstellung der Elemente auf den gedruckten oder elektronischen Ausführungsplänen und/oder Modellen festgelegt werden.

7.1.7 Sofern keine Erfahrungen unter vergleichbaren Bedingungen vorliegen, müssen repräsentative Vorversuche unter Verwendung derjenigen Ausrüstung, Materialien und Verfahren vorgenommen werden, die für die später auszuführenden Düsenstrahlarbeiten vorgesehen sind.

7.1.8 Um ein einheitliches Ergebnis der Vorversuche zu erreichen, sollte mindestens ein Probeelement mit dem vorgegebenen Arbeitsverfahren hergestellt werden. Bei sehr heterogenen Böden sind mehrere Probeelemente unter Anwendung verschiedener Arbeitsverfahren notwendig für die Freigabe.

7.1.9 Wenn das erhärtete Düsenstrahlmaterial aggressiven oder temperaturempfindlichen Umgebungen ausgesetzt werden soll, sollten vor den in-situ-Vorversuchen Laborversuche an Proben durchgeführt werden, angemischt aus Anteilen aus dem zu behandelnden Boden und der Düsenstrahlsuspension, wie sie bei den geplanten Düsenstrahlarbeiten zu erwarten sind.

7.1.10 Die Bestimmung der charakteristischen Materialfestigkeit muss im Rahmen der Aufsicht, Prüfung und Überwachung durch Prüfung von Proben, vorzugsweise der Güteklassen A und B nach Anhang B, erfolgen, die aus dem Düsenstrahlkörper selbst entweder durch Kernbohrung, Probennahme aus dem frischen Material oder aus dem Rückfluss entnommen wurden.

ANMERKUNG Die Bezugsabmessungen der Proben für diesen Zweck sind Zylinder mit einem Höhe-Durchmesser-Verhältnis von 2:1.

Der Durchmesser der Probe sollte mit der größten vorhandenen Korngröße korrelieren (siehe Anhang B).

Rückflussproben sollten nur verwendet werden, wenn basierend auf vorherigen Erfahrungen davon ausgegangen werden kann, dass sie für die Materialfestigkeit repräsentativ sind.

DIN EN 12716:2019-03 EN 12716:2018 (D)

7.1.11 Tragende Bauteile dürfen erst nach der Prüfung belastet werden, oder wenn vergleichbare Erfahrungen bestätigen, dass die Aushärtezeit ausreichend ist, um die in der Planung angegebene erforderliche Festigkeit zu erreichen.

7.1.12 Die charakteristische Festigkeit, die im Rahmen von Aufsicht, Prüfung und Überwachung als die uniaxiale Druckfestigkeit für Düsenstrahlelemente bestimmt wurde, muss statistisch in Übereinstimmung mit den Spezifikationen, z. B wie in Anhang A beschrieben, nachgewiesen werden.

7.1.13 Anhang C enthält die Mindestanzahl der Proben, die für die Bestimmung der Druckfestigkeit erforderlich ist.

7.1.14 Proben sollten dort entnommen werden, wo eine repräsentative Materialfestigkeit erwartet werden kann.

7.1.15 Prüfergebnisse müssen im Hinblick auf die Güteklasse der Proben ausgewertet werden, beispielsweise wie in Anhang B beschrieben.

7.1.16 Die Planung sollte die zulässigen Grenzen für Setzungen, Hebungen und Verdrehungen von Bauteilen und Einbauten, die im Einflussbereich der Düsenstrahlarbeiten liegen, festlegen.

7.2 Geometrische Randbedingungen

7.2.1 Toleranzen und ihre potentiellen Auswirkungen müssen in der Ausführungsplanung berücksichtigt werden.

7.2.2 Wenn nicht anders festgelegt, müssen Düsenstrahlelemente innerhalb der folgenden geometrischen Abweichungen hergestellt werden:

- a) Position vertikaler und schräger Düsenstrahlelemente, bezogen auf die Höhe der Arbeitsebene $\leq 0,10$ m;
- b) Abweichung von der Elementachse
 - 1) für vertikale Düsenstrahlelemente ≤ 2 % der maximalen Bohrlänge;
 - 2) für sub-vertikale Düsenstrahlelemente ≤ 4 % der maximalen Bohrlänge;
 - 3) für geneigte und sub-horizontale Düsenstrahlelemente ≤ 6 % der maximalen Bohrlänge.

7.2.3 Auf Ausführungsplänen muss Folgendes eindeutig dargestellt werden:

- Mindestquerschnittsabmessungen, die in den verschiedenen zu durchfahrenden Bodenschichten zu erreichen sind;
- Abweichungen der Elementachsen hinsichtlich Lage und Neigung, wenn von 7.2.2 abweichend.

7.2.4 Auch die größtmöglichen Querschnittsabmessungen der Düsenstrahlelemente sollten in Bezug auf die geplanten Elementabstände berücksichtigt werden, um die Geschlossenheit der Düsenstrahlkörper sicherzustellen.

7.2.5 Falls ein unerwartetes unterirdisches Hindernis nicht entfernt werden kann, muss dieser Bereich in den gedruckten oder elektronischen Ausführungsplänen und/oder Modellen gekennzeichnet werden. Die angrenzenden Düsenstrahlkörper müssen so umgeplant werden, dass der beabsichtigte Zweck erreicht wird.

7.3 Festigkeit und Verformungseigenschaften

7.3.1 Die Festigkeit des erhärteten Düsenstrahlmaterials hängt vom gewählten Düsenstrahlssystem, den angewandten Parametern sowie von der Art und Heterogenität des Bodens ab.

7.3.2 Bei Unterfangungen muss der temporäre Zustand der Düsenstrahlsäulen unter den Fundamenten hinsichtlich Stabilität und Verformung vor dem Abbinden der Suspension beachtet werden.

7.3.3 Wenn die Verformungen der Düsenstrahlelemente oder -körper von Bedeutung sind, müssen bei der Planung die Kenngrößen und Verformungen, die in gesonderten Abnahmeprüfungen und während der Ausführung zu ermitteln sind, angegeben werden.

7.3.4 Die erforderliche charakteristische Festigkeit des erhärteten Düsenstrahlmaterials muss unter Berücksichtigung der Heterogenität der Bodeneigenschaften bei der Planung festgelegt werden. Ein Nachweis der charakteristischen Festigkeit muss erfolgen, beispielsweise nach Anhang A.

7.3.5 Wenn das Ergebnis der Düsenstrahlarbeiten durch indirekte Prüfungen kontrolliert wird, müssen bei der Planung die Abnahmekriterien in Form der zu messenden Parameter angegeben werden.

7.3.6 Die Düsenstrahlsäulen können durch hochfeste Elemente (Stahlstäbe, Stahlrohre, Träger) bewehrt werden.

7.3.7 Die erforderliche Verankerungslänge für die Bewehrung muss basierend auf Erfahrungen festgelegt oder durch Versuche bestätigt werden.

7.4 Durchlässigkeit

7.4.1 Wenn die Durchlässigkeit der Düsenstrahlelemente oder -körper von Bedeutung ist, müssen bei der Planung die Kenngrößen angegeben werden, die in gesonderten Abnahmeprüfungen zu ermitteln sind.

7.4.2 Bei der Beurteilung der Gesamtdurchlässigkeit des Düsenstrahlkörpers sollte die ungünstigste Bauphase betrachtet werden.

8 Ausführung

8.1 Allgemeines

8.1.1 Die Ausführung von Düsenstrahlarbeiten erfordert Kenntnis und Erfahrung in dieser Verfahrenstechnik.

8.1.2 Der hohe Druck (> 25 MPa), der beim Düsenstrahlverfahren angewendet wird, dient zur Erzeugung eines energiereichen Strahls, der das Bodengefüge auflöst. Es ist kein Druck, der auf den Boden einwirkt.

8.1.3 Ausführungsverfahren für Düsenstrahlelemente

Üblicherweise umfasst die Ausführung folgende Arbeitsschritte:

- Herstellen eines Bohrlochs mit einer bestimmten Länge unter Verwendung des Bohr- und Düsengestänges;
- falls mit einem separaten Bohrgestänge gebohrt wird, wird das Düsengestänge bis zur Bohrlochsohle eingeführt;
- Pumpen von Flüssigkeit(en) oder Suspension durch das Düsengestänge unter hohem Druck bei gleichzeitigem Ziehen und Drehen des Gestänges nach Bedarf mit vorher festgelegten Werten für Ziehgeschwindigkeit, Drehzahl, Pumpendruck und Durchflussrate für jede einzelne Flüssigkeit.

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)**8.1.4 Andere Ausführungsverfahren**

Bedingt durch die örtlichen Verhältnisse dürfen bei Bedarf auch andere Ausführungsverfahren angewandt werden, wie z. B.:

- Vorschneiden;
- Ausführung in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten: zunächst wird das Element über eine vorbestimmte Länge vom Bohrlochmund aus hergestellt und das Aushärten abgewartet. Dann, nach einem Überbohren des behandelten Bodens, wird der Vorgang in einer tieferen Stufe wiederholt und so weitergeführt, bis die planmäßig vorgesehene Tiefe des zu behandelnden Bodens erreicht ist.
- Top-Down-Düsentrahlerverfahren von Elementen, bei denen nah am Bohrlochmund beginnend bis zum entfernten Ende der Bohrung gedüst wird.
- Gedüste Betonpfähle, bei denen der Boden durch Vorschneiden erodiert und das durch dieses Verfahren erzeugte erodierte Material über ein separates Kontraktorrohr mit Beton aufgefüllt wird, wodurch das vorhandene Material ersetzt wird.

8.1.5 Verfahrensbeschreibung

Vor Beginn der Düsenstrahlarbeiten muss eine Verfahrensbeschreibung erarbeitet werden. Diese sollte mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Kennzeichnung, Ziel und Anwendungsbereich der Düsenstrahlarbeiten;
- Beschreibung des Baugrunds, einschließlich Gruppierung von Schichten in geotechnische Homogenbereiche;
- Form der erforderlichen Düsenstrahlelemente;
- Düsenstrahlsystem;
- Planung und Entwurf der Düsenstrahlarbeiten;
- Arbeitsablauf (Bohren, Düsen, Reihenfolge der Herstellung);
- geschätzte Düsenstrahlparameter für geotechnische Homogenbereiche (zu bestätigen durch Prüfungen zu Beginn der Arbeiten);
- verwendete Stoffe (für Bohren und Düsen);
- alle Schwellen- und Grenzwerte, z. B. für Verformungen, die den Ausführungsprozess begrenzen, sofern relevant und durch die Planung vorgegeben, und zu treffende Vorsichtsmaßnahmen;
- Baustelleneinrichtung und Arbeitsbereiche;
- Ausrüstung und Gerät;
- Entsorgungskonzept für den Rückfluss;
- Maßnahmen zur Qualitätskontrolle entsprechend den Anforderungen;
- Toleranzen nach den Angaben in der Ausführungsplanung;

- Maßnahmen, um die Bohrgenauigkeit innerhalb der angegebenen Toleranzen sicherzustellen;
- Maßnahmen, um Störungen aus möglichen Unterbrechungen oder ein Blockieren des Rückflusses während des Düsvorganges zu vermeiden;
- Maßnahmen, um sicherzustellen, dass der nach Abschluss des Düsvorganges erreichte Suspensionspiegel auch nach dem Absetzen der Zementsuspension gehalten werden kann;
- mögliche Anpassung der Düsenstrahlparameter während der Arbeiten;
- Prüfmethoden;
- Arbeitsunterlagen (Pläne, Berichte).

8.2 Ausrüstung

Die Ausrüstung muss in der Lage sein, die Arbeiten, wie in der Verfahrensbeschreibung angegeben, auszuführen. Es muss mindestens Folgendes aufgezeichnet werden:

- die Ziehgeschwindigkeit und Drehzahl des Düsgestänges mit den vorgesehenen Parametern;
- der Zufluss der Flüssigkeit(en) und der Suspension zum Bohr- und Düsgestänge mit dem vorgegebenen Druck und der Durchflussrate.

8.3 Vorbereitung der Baustelle

8.3.1 Die Vorbereitung muss in Übereinstimmung mit den Planungsvorgaben und den spezifischen Bedingungen auf der Baustelle durchgeführt werden. Dies muss einen geeigneten Zugang für Ausrüstung und Gerät, den Aushub, das Reinigen und Planieren der Arbeitsebene, das Sicherstellen einer ausreichenden Standsicherheit für die Ausrüstung, ausreichend Platz für die Lagerung von Materialien sowie die Sammlung, Lagerung, Behandlung und/oder Entsorgung von Rückfluss umfassen.

8.3.2 Eine ausreichende Standsicherheit der Arbeitsebene muss nach EN 1997-1 für Bodenpressungen, die nach EN 16228-1:2014, Anhang F, berechnet wurden, bestätigt werden.

8.3.3 Alle auf die Baustelle gelieferten Materialien und Produkte müssen aus Gründen der Qualitätskontrolle registriert werden und mit den Spezifikationen aus der Planung abgeglichen werden.

8.3.4 Die Materialien müssen vor dem Eindringen von Feuchtigkeit oder Luft oder vor anderen Umgebungseinflüssen, die ihre Verwendbarkeit und/oder Qualität beeinträchtigen könnten, geschützt werden.

8.3.5 Ein System zur Sammlung und Entsorgung des Rückflusses muss vorgesehen werden. Das Entsorgungskonzept für den Rückfluss kann folgende Maßnahmen umfassen:

- die Sammlung am Bohrlochoberfläche;
- zeitweilige Zwischenlagerung auf der Baustelle;
- mögliche Behandlung;
- Wiederverwendung für andere Bautätigkeiten;
- endgültige Entsorgung.

DIN EN 12716:2019-03 EN 12716:2018 (D)

8.3.6 Bei subhorizontalen Düsenstrahlverfahren sind geeignete Maßnahmen für die Standsicherheit der Bohransatzebene zu treffen.

8.3.7 Bevor mit den Düsenstrahlarbeiten begonnen wird, müssen die Angaben in Abschnitt 4 überprüft werden.

8.4 Bohrung und Toleranzen

8.4.1 Jedes Bohrloch muss in Übereinstimmung mit den Vorgaben eingemessen und gekennzeichnet werden.

8.4.2 Die Bohrung kann mit jedem geeigneten System vorgenommen werden.

8.4.3 Sofern das Bohrloch nicht standfest ist oder größere Verluste der Bohrspülung festgestellt werden oder die Baugrundverhältnisse auf andere Weise dazu beitragen, dass der Rückfluss behindert wird, müssen geeignete Vorbeugemaßnahmen eingeleitet werden, z. B. eine Verrohrung.

8.4.4 Der Ringraum zwischen Bohrlochwandung und Düsenstrahlgestänge muss so bemessen sein, dass er den freien Rückfluss zum Bohrlochmund ermöglicht.

8.4.5 Wenn unerwartete Hindernisse im Untergrund auftreten, müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, um unerwünschte Effekte während des Düsens zu vermeiden.

8.4.6 Düsenstrahlelemente müssen in Übereinstimmung mit den angegebenen Toleranzen hergestellt werden.

8.5 Düsenstrahlarbeit

8.5.1 Die Ausrichtung der Schneiddüsen muss für alle nichtzylindrischen Elemente sorgfältig kontrolliert werden.

8.5.2 Es müssen angemessene Maßnahmen ergriffen werden, damit der Suspensionsspiegel oberhalb des Elements bleibt und sich keine Hohlräume bilden.

8.5.3 Bei Unterfangungen müssen Maßnahmen ergriffen werden, die einen dauerhaften direkten Kontakt zwischen der Oberfläche der Düsenstrahlsäule und dem Fundament sicherstellen.

8.5.4 Um ein lokales Versagen zu vermeiden und die Sicherheit auf der Baustelle sicherzustellen, muss das Düsenstrahlverfahren mit einem ausreichenden Abstand zwischen der oberen Düse und der Geländeoberfläche ausgeführt werden.

8.5.5 Wird der Prozess des Düsens aus beliebigen Gründen unterbrochen, muss die Wiederaufnahme des Düsverfahrens an einer Stelle erfolgen, die eine Überlappung mit dem bereits hergestellten Element sicherstellt, um die Herstellung eines durchgängigen Elements sicherzustellen. Ein normales Nachsetzen von Gestänge stellt keine Unterbrechung des Verfahrens dar, sofern das Nachsetzen ohne Verzögerung vorgenommen wird.

8.6 Rückfluss

8.6.1 Während des Düsens sind die Kontinuität und die Eigenschaften des Rückflusses am Bohrlochmund ständig zu beobachten.

8.6.2 Eine weitere Kontrolle darf durch das Messen bestimmter physikalischer oder chemischer Eigenschaften des Rückflusses erreicht werden.

8.6.3 Falls während des Düsens ein unerwartetes Verhalten des Rückflusses beobachtet wird, sollten die Ausführungsparameter und/oder das Verfahren überprüft werden.

8.6.4 Eine unerwartete Verringerung des Rückflusses muss untersucht und korrigierende Maßnahmen ergriffen werden.

8.7 Einbringen der Bewehrung

Eine Bewehrung kann in das frisch gedüste Material eingebracht werden. Alternativ kann die Bewehrung in ein Bohrloch eingebracht werden, das in das ausgehärtete Element gebohrt wurde.

9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen

9.1 Allgemeines

9.1.1 Die Eigenschaften von Düsenstrahlelementen müssen zum Zweck der Kontrolle nach Anhang C geprüft werden.

9.1.2 Die Prüfhäufigkeit der Abmessungen und Eigenschaften des Düsenstrahlelements muss festgelegt werden. Typische Prüfhäufigkeiten können Anhang C entnommen werden.

9.1.3 Beim Düsenstrahlverfahren muss die Qualitätskontrolle mindestens die Aufzeichnung der Düsenparameter und die Beobachtung des Rückflusses bei allen Düsenstrahlelementen, wie in 9.5 angegeben, umfassen.

9.1.4 Es darf davon ausgegangen werden, dass in einem geotechnischen Homogenbereich der Einsatz von gleichen Düsenstrahlparametern Elemente mit gleichen Maßen, Eigenschaften und gleichem Rückfluss erzeugt.

9.1.5 Zu Beginn des Düsenstrahlverfahrens sollten die Abmessungen und die Materialeigenschaften auf Grundlage einer bestimmten Anzahl an Prüfelementen ermittelt werden, um den Zusammenhang zwischen Düsenstrahlparametern und Düsenstrahlelementeigenschaften herzustellen. Typische Prüfhäufigkeiten können Anhang C entnommen werden.

9.1.6 Wenn vergleichbare Erfahrungen (wie sie in EN 1997-1:2004, 1.5.2.2, beschrieben sind) mit dem gleichen Düsenstrahlsystem in ähnlichen Bodenbedingungen vorliegen, dürfen separate Prüfelemente vor der Ausführung entfallen. Das gilt nur dann, wenn es die Ausschreibung nicht anders vorsieht und eine Überwachung der Düsenstrahlarbeiten erfolgt.

9.2 Vorversuche

9.2.1 Wenn Erfahrungen unter vergleichbaren Bodenbedingungen nicht vorliegen, müssen vor Beginn der Arbeiten Probeelemente vorgesehen und hergestellt werden. Dabei müssen alle wesentlichen Bedingungen, die auf der Baustelle möglicherweise angetroffen werden können, erfasst werden, um:

- das bestgeeignete System und die effektivsten Düsenstrahlparameter auszuwählen;
- nachzuweisen, dass mit dem ausgewählten System und den ausgewählten Düsenstrahlparametern die Planungerfordernisse erfüllt werden.

Probeelemente können Teil der Hauptarbeiten sein, sofern in den Spezifikationen nichts anderes angegeben ist.

9.2.2 Wenn vor Beginn der Arbeiten Probeelemente hergestellt werden und deren Freilegung möglich ist, sollten die geometrischen und mechanischen Eigenschaften der Düsenstrahlelemente durch Sichtprüfung und durch Laborversuche an Bohrkernen oder an Probestücken beurteilt werden.

DIN EN 12716:2019-03

EN 12716:2018 (D)

9.2.3 Wenn vor Beginn der Arbeiten Probeelemente hergestellt werden und die Probeelemente nicht freigelegt werden können, sollten die Ergebnisse (im Wesentlichen die Größe der Elemente) durch direkte oder indirekte Messungen während oder nach dem Abbinden beurteilt werden.

9.2.4 Wenn bei der Bauausführung die Ermittlung der Abmessung der Elemente durch indirekte Prüfung erfolgt, sollten dieselben Prüfverfahren bereits bei den Probeelementen angewendet werden, und die Ergebnisse sollten mit direkten Prüfungen der Probeelemente verglichen werden, um die Zuverlässigkeit der Prüfverfahren festzustellen.

ANMERKUNG Anhang C enthält eine Auflistung einiger Prüfungen und ihre Mindestprüfhäufigkeit.

9.3 Überwachung und Verfahrensprüfungen

9.3.1 Für Manometer und andere bei den Messungen der Düsparameter verwendete Messgeräte muss vor Beginn der Arbeiten eine dokumentierte gültige Kalibrierung oder ein Prüfbericht vorliegen.

9.3.2 Der Druck der Flüssigkeiten muss am Bohrgerät gemessen werden, um Beeinträchtigungen durch Druckabfälle zu vermeiden.

9.3.3 Die Anfangsneigung des Bohr- und Düsgestänges muss vor dem Bohren an der Oberfläche gemessen und während des Bohrens regelmäßig überprüft werden. Sofern in der Planung vorgesehen, muss die Lage des Bohr- und Düsgestänges nach Fertigstellung der Bohrung gemessen werden.

9.3.4 Die Menge und die Eigenschaften des Rückflusses müssen beobachtet werden und die Beobachtungen müssen aufgezeichnet werden.

9.3.5 Alle Maßnahmen, die in Übereinstimmung mit der Verfahrensbeschreibung aufgrund einer Blockade des Rückflusses durchgeführt werden, müssen dokumentiert werden.

9.3.6 Die Dichte, das Abbindeverhalten und weitere relevante Eigenschaften des Rückflusses sollten regelmäßig bestimmt und aufgezeichnet werden. Die Gründe für jedes unerwartete Ergebnis sollten untersucht werden.

9.3.7 Repräsentative Proben des Rückflusses sollten entnommen und die Druckfestigkeit sollte ermittelt werden.

9.3.8 Typische Prüfungen und ihre Häufigkeit für Probe- und Arbeitselemente sind in Anhang C angegeben. Die folgenden Prüfungen sollten für die Suspension durchgeführt werden, um eine einheitliche Material- und Suspensionsqualität sicherzustellen:

— Vorversuche:

— Dichte;

— Absetzmaß;

— Marsh-Viskosität;

— Abbindezeit;

— einaxiale Druckversuche an zylindrischen Proben (Verhältnis Höhe/Durchmesser: 2,0), nach 3 Tagen, 7 Tagen, 28 Tagen und, falls langsam erhärtende Mischungen verwendet werden, nach 56 Tagen;

— Versuche während der eigentlichen Arbeiten:

- Dichte; Marsh-Viskosität;
- Absetzmaß.

9.4 Prüfung der Düsenstrahlelemente

9.4.1 Prüfung zur Beurteilung der Abmessungen

9.4.1.1 In Übereinstimmung mit den Spezifikationen muss entweder eine Sichtprüfung oder direkte und/oder indirekte Messung der Abmessungen erfolgen. Typische Prüfhäufigkeiten sind in Anhang C gegeben. Kernbohrungen müssen erst dann durchgeführt werden, wenn eine ausreichende Erhärtungszeit verstrichen ist.

9.4.1.2 Die Kernbohrmethode, die verwendete Bohrausrüstung und der Kerndurchmesser sollten sicherstellen, dass repräsentative Proben entnommen werden, wo Zugänglichkeit und Baugrundverhältnisse dies erlauben.

9.4.1.3 In Fällen, in denen Kernbohrungen möglicherweise nicht erfolgreich angewandt werden können, müssen andere Prüfverfahren in Betracht gezogen werden (7.1.10).

9.4.2 Mechanische Prüfungen

9.4.2.1 Wenn zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Düsenstrahlelements in-situ-Prüfungen angewendet werden, muss die Lage des Messgerätes auf die Abmessungen und das Aussehen des Elements bezogen werden.

9.4.2.2 Druckversuche müssen nach Anhang C durchgeführt und, z. B. wie in Anhang A beschrieben, ausgewertet werden.

9.4.2.3 Die Mindesthäufigkeit zur Prüfung der Druckfestigkeit ist in Anhang C gegeben.

9.4.2.4 Die für mechanische Prüfungen entnommenen Proben müssen nach EN 12390-2 unter kontrollierten Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen gelagert werden.

9.4.2.5 Um die Materialeigenschaften des Düsenstrahlkörpers zu bestimmen, müssen repräsentative Proben entnommen werden.

9.4.2.6 Die Prüfergebnisse sollten bewertet werden, z. B. nach Anhang B.

9.4.2.7 Das Alter der Proben für die Prüfungen muss in den Spezifikationen festgelegt werden.

9.4.3 Durchlässigkeitsprüfungen

9.4.3.1 Die Wasserdichtigkeit eines Düsenstrahlkörpers muss in Übereinstimmung mit Anhang C beurteilt werden.

9.4.3.2 Die Wasserdichtigkeit der einzelnen Düsenstrahlelemente kann durch Wasserdurchlässigkeitsprüfungen im Bohrloch nach EN ISO 22282 (alle Teile) überprüft werden.

9.5 Überwachung

9.5.1 Die Überwachung und Aufzeichnung der angewandten Düsenparameter während der Ausführung der Düsenstrahlarbeiten sind für die Qualitätskontrolle der Ergebnisse erforderlich.

DIN EN 12716:2019-03 EN 12716:2018 (D)

9.5.2 Die folgenden Parameter (für Bohren und Düsenstrahlverfahren) müssen bei allen Elementen digital und kontinuierlich in Echtzeit aufgezeichnet werden, außer bei kurzzeitigen, unvermeidlichen Anlagenstörungen:

- Drücke und Durchflussraten aller Flüssigkeiten und der Luft;
- Tiefe, Zieh- und Drehgeschwindigkeit des Düsgestänges.

9.5.3 Wenn die Düsenstrahlarbeiten in Situationen durchgeführt werden müssen, in denen Verformungen Auswirkungen auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von direkt oder indirekt betroffenen Bauwerken haben können, müssen in Übereinstimmung mit den Spezifikationen geeignete Überwachungs- und Alarmsysteme installiert werden.

10 Aufzeichnungen

10.1 Auf der Baustelle verfügbare Unterlagen

10.1.1 Folgende Unterlagen müssen auf der Baustelle vor Beginn der Haupt-Düsenstrahlarbeiten vorliegen:

- technische, Sicherheits- und Umweltspezifikationen;
- Beschreibung von Lage und Zustand von an die Baustelle angrenzende Bauwerke, Straßen, Einbauten usw.;
- Ausführungszeichnungen;
- Verfahrensbeschreibung (siehe 8.1.5);
- geotechnischer Untersuchungsbericht in Übereinstimmung mit EN 1997-2;
- geotechnischer Entwurfsbericht in Übereinstimmung mit EN 1997-1;
- Bericht über Vorversuche, sofern ausgeführt.

10.1.2 Die Ausführungszeichnungen und/oder digitalen Modelle für die Düsenstrahlarbeiten müssen folgende Angaben enthalten:

- Bodenprofil im Maßstab der Querschnitte und mit diesen höhenmäßig ausgerichtet;
- Höhe der Arbeitsebene;
- Grundwasserspiegel;
- Anzahl der Elemente mit eindeutig zugeordneten Bezugsnummern;
- Querschnittsform, Ober- und Unterkante der Elemente;
- Lage, Neigung und Richtung für jedes Element und Toleranzen;
- Lage und Höhe von Kellergeschossen und Fundamenten benachbarter Gebäude, falls relevant;
- Lage und Umfang möglicher über- und unterirdischer Hindernisse, Versorgungsleitungen und Entwässerungsleitungen;
- Herstellungsabfolge, sofern relevant;

- spezifische Materialeigenschaften.

10.2 Auf der Baustelle zu erstellende Unterlagen

10.2.1 Die Aufzeichnungen über die Ausführung der Düsenstrahlarbeiten sind so zu führen, dass bei späterem Bedarf auf sie zurückgegriffen werden kann. Sie müssen für jedes Element Folgendes enthalten:

- zusammenfassende Tages- oder Schichtberichte der Düsenstrahlarbeiten;
- Datum und Zeitpunkt der Ausführung;
- Parameter für das Düsenstrahlverfahren;
- Beobachtungen und Bemerkungen hinsichtlich des Rückflusses;
- Beschreibung der Probenahme und Prüfung sowie Ergebnisse;
- unerwartete Ereignisse und Beobachtungen;
- Ergebnisse der durchgeführten Messungen.

ANMERKUNG Beispiele für Baustellenberichte sind in Anhang D gegeben.

10.2.2 Für Baustellen, auf denen Prüfungen durchgeführt wurden, muss ein detaillierter Bericht erstellt werden, der die Übereinstimmung mit den Vorgaben darstellt und der alle Versuchsergebnisse mit Verweis auf die vorliegenden Baugrundeigenschaften und die Größe der zu erstellenden Düsenstrahlelemente enthält.

11 Besondere Anforderungen

11.1 Übereinstimmung mit nationalen und Europäischen Normen

Bei der Ausführung der Düsenstrahlarbeiten sind alle nationalen und Europäischen Normen, Bestimmungen oder gesetzlichen Anforderungen einzuhalten, die folgende Punkte betreffen:

- Arbeitsschutz;
- Sicherheit der Arbeitsabläufe;
- Betriebssicherheit für die Bohr- und Düsenstrahlanlage sowie ergänzende Ausrüstungen in Übereinstimmung mit EN 16228-6;
- Umweltschutz.

11.2 Baustellensicherheit

11.2.1 Es müssen geeignete Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit des Baustellenpersonals und anderer Personen auf oder in der Umgebung der Baustelle getroffen werden.

11.2.2 Die gesetzlichen Bestimmungen der jeweiligen europäischen Länder müssen eingehalten werden. Die mit dem Düsenstrahlverfahren verbundenen Gefahren für Gesundheit und Leben müssen durch eine baustellenbezogenen Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden.

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

11.3 Umweltschutz

Nationale und Europäische Normen, örtliche Bestimmungen und projektspezifische Anforderungen, z. B. hinsichtlich:

- Verunreinigung von Oberflächen- und Grundwasser;
 - Luftverschmutzung;
 - Lärm und Erschütterung;
 - angemessener Maßnahmen des Entsorgungskonzepts für den Rückfluss
- müssen eingehalten werden.

Anhang A (informativ)

Bestimmung der Materialfestigkeit

A.1 Die einaxiale Druckfestigkeit von Düsenstrahlelementen bezieht sich auf zylindrische Proben mit einem Durchmesser $d \geq 80$ mm und einem Verhältnis von Durchmesser zu Höhe $h:d = 2$. Bei Prismen und Zylindern mit $h:d = 1$ muss eine Abminderung mit dem Faktor 0,8 vorgenommen werden. Zwischen $h:d = 1$ und $h:d = 2$ kann linear interpoliert werden.

A.2 Die Prüfungen sollten an Proben, wie in Anhang B beschrieben, vorgenommen werden. Die Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit EN 12390-3 durchgeführt werden, wobei die Lagerung der Proben in Übereinstimmung mit EN 12390-2 erfolgen muss, die Form jedoch erst entfernt werden darf, wenn eine ausreichende Festigkeit erzielt wurde. Bei Proben, die durch Kernbohrungen entnommen wurden, ist EN 12504-1 anzuwenden. Die Belastungsgeschwindigkeit darf $0,05 \text{ N/mm}^2/\text{s}$ nicht überschreiten. Bei einer mittleren einaxialen Zylinderdruckfestigkeit von mehr als 4 N/mm^2 kann die Belastungsgeschwindigkeit auf $0,2 \text{ N/mm}^2/\text{s}$ erhöht werden.

A.3 Bei 4 bis 9 Proben entspricht die charakteristische einaxiale Zylinderdruckfestigkeit dem kleinsten Wert.

A.4 Bei 10 oder mehr Proben kann die charakteristische einaxiale Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,k}$ berechnet werden als

$$f_{m,k} \leq \eta_d \exp(m_y - k_n s_y) \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

η_d ein Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung von Unsicherheiten, die durch andere Sicherheitsfaktoren keine Berücksichtigung finden, und ist typischerweise 1,0;

m_y der Mittelwert der Zahlenwerte des natürlichen Logarithmus der Einzelfestigkeiten;

s_y die Standardabweichung der Zahlenwerte des natürlichen Logarithmus der Einzelfestigkeiten;

k_n der Annahmefaktor; er ist beim Düsenstrahlverfahren typischerweise 1,28 (10 %-Quantil).

A.5 Der Bemessungswert der einaxialen Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,d}$ kann aus der charakteristischen einaxialen Zylinderdruckfestigkeit berechnet werden als:

$$f_{m,d} = \alpha \cdot f_{m,k} / \gamma_m \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

α ein Wert, der Langzeitauswirkungen auf die Festigkeit berücksichtigt;

$f_{m,k}$ die charakteristische einaxiale Zylinderdruckfestigkeit (siehe A.3 und A.4);

γ_m der Teilsicherheitsbeiwert für die einaxiale Zylinderdruckfestigkeit des Düsenstrahlelements.

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Die Werte für α und γ_m sollten national festgelegt sein. Es wird empfohlen, α_{cc} aus EN 1992-1-1:2004, 11.3.5, für α und γ_c aus EN 1992-1-1:2004, 2.4.2.4, für γ_m zu verwenden. Die in EN 1992-1-1 vorgeschlagenen Werte sind

$$\alpha_{cc} = 0,85;$$

$$\gamma_c = 1,5 \text{ für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen;}$$

$$\gamma_c = 1,2 \text{ für außergewöhnliche Bemessungssituationen.}$$

Anhang B (informativ)

Qualität der Proben

B.1 Die Prüfergebnisse, die aus den Proben der Düsenstrahlelemente gewonnen wurden, müssen unter Berücksichtigung der Qualität der Probe beurteilt werden. Die Güteklassen für Proben aus Düsenstrahlelementen sind wie folgt definiert:

B.1.1 Güteklasse A:

Probe mit glatter Oberfläche, offensichtlich homogen und ohne sichtbare Unregelmäßigkeiten in der Struktur (z. B. Risse). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner dürfen $1/6$ des Probendurchmessers nicht überschreiten.



Bild B.1 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse A

B.1.2 Güteklasse B:

Aus dem Düsenstrahlelement entnommene Probe, die kleine Unregelmäßigkeiten in der Struktur aufweist (z. B. kleine Risse $< 0,2$ mm). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner dürfen $1/6$ des Probendurchmessers nicht überschreiten.



Bild B.2 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse B

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)**B.1.3 Güteklasse C:**

Aus dem Düsenstrahlelement entnommene Probe, die offensichtlich große Unregelmäßigkeiten in der Struktur aufweist (z. B. Risse > 0,2 mm). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner überschreiten 1/6 des Probendurchmessers.



Bild B.3 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse C

B.1.4 Güteklasse D:

Die entnommene Probe ist für die Prüfung ungeeignet, da sie sehr große Unregelmäßigkeiten in der Struktur aufweist (z. B. durchgehende Risse). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner überschreiten 1/6 des Probendurchmessers.



Bild B.4 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse D

B.2 In Abhängigkeit des Probenentnahmeverfahrens (7.1.10) können bei Extraktion, Transport und Lagerung, die auf fachmännische Art ausgeführt wurden, die folgenden Güteklassen der Proben erwartet werden:

Tabelle B.1 — Erwartete Güteklasse der Proben in Abhängigkeit des Probenentnahmeverfahrens

| Probenentnahmeverfahren | Ort | Güteklasse | | | | Bemerkungen |
|---|-------------------------|------------|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D | |
| Kernbohrung | Vor Ort | X | X | X | X | Die maximale Korngröße kann nicht kontrolliert werden. Die Aushärtung erfolgt vor Ort vor der Probenentnahme. |
| Frischprobenahme – Linerverfahren | Vor Ort | X | X | | | Die maximale Korngröße kann begrenzt werden. |
| Frischprobenahme – Frischmörtelentnahme | Vor Ort | X | X | | | Partikel, die die gewünschte Größe überschreiten, können ausgesiebt werden. |
| Rückfluss | Vor Ort am Bohrlochmund | X | X | | | Partikel, die die gewünschte Größe überschreiten, können ausgesiebt werden. |
| Im Labor hergestellt | Labor | X | | | | Im Labor gemischte Proben können aus vor Ort entnommenen Bodenproben und Suspension hergestellt werden, z. B. für Eignungsprüfungen. Diese Proben können nicht für die Annahme, Aufsicht oder Überwachung verwendet werden. |

B.3 Nur Proben der Güteklasse A und B sollten verwendet werden, um die Materialeigenschaften der Düsenstrahlelemente zu ermitteln. Das Entnahmeverfahren muss geändert werden, wenn keine Proben der Güteklasse A oder B erhalten werden können. Prüfergebnisse aus Proben der Güteklasse C dürfen als Diskussionsgrundlage verwendet werden, wenn keine Probe höherer Güteklasse entnommen werden kann.

Anhang C (normativ)

Direkte und indirekte Prüfungen und Qualitätskontrollen

C.1 Die in Tabelle C.1 beschriebenen Prüfungen müssen bei der Überwachung von Düsenstrahlarbeiten mit der angegebenen Mindestprüfhäufigkeit wie folgt durchgeführt werden:

Tabelle C.1 — Prüfungen für die Überwachung von Düsenstrahlarbeiten

| Prüfobjekt | Prüfung | Prüfverfahren | Mindestprüfhäufigkeit |
|---|--|---|--|
| Bestandteile des Zementbindemittels | Ableich der Angaben auf dem Lieferschein mit den Spezifikationen | — | Bei jeder Lieferung |
| | Rückstellproben | — | Falls gefordert |
| Bindemittelsuspension | Rohdichte | z. B. Baroid-Waage | Täglich |
| | Marsh-Viskosität | Marsh-Kegel nach EN ISO 10414-1:2008, 6.2 | 1 Vorversuch, dann täglich, falls gefordert |
| | Bluten | EN 934-4:2009, Anhang B | Falls gefordert |
| | Einaxiale Druckfestigkeit | EN 12390-3 | Falls gefordert |
| Düsenstrahlmaterial, entnommen nach 7.1.10 | Rohdichte | z. B. Baroid-Waage | Wie gefordert |
| | Bluten | EN 480-4 | Falls gefordert und durchführbar |
| | Abbindezeit | | Falls gefordert und durchführbar |
| | Einaxiale Druckfestigkeit | EN 12390-3 | Falls relevant, sollte die Druckfestigkeitsprüfung von Düsenstrahlkörpern an vier Proben je 500 m ³ behandelten Boden für nichtbindige Böden und je 250 m ³ für bindige und organische Böden durchgeführt werden, sofern in der Planung nichts anderes festgelegt ist. |
| Parameter für die Ausführung (3.17) | Aufzeichnung, wie in 9.5 beschrieben | Datalogger | Für jedes Element dauerhaft für die Zeit der Ausführung |
| Toleranzen (8.4) | Bohrlochposition und -höhe | z. B. Messgerät, Totalstation, Inklinometer | Jede Säule |
| | Mastneigung | z. B. Wasserwaage, Totalstation, Inklinometer | Jede Säule |

| Prüfobjekt | Prüfung | Prüfverfahren | Mindestprüfhäufigkeit |
|---------------------------------|---|--|--|
| Toleranzen (8.4) | Bohrlochabweichung | z. B. Inklinometer | Wenn relevant, z. B. Wasserdichtheit: < 10 m Bohrtiefe: Mast- und/oder Bohrstangen- neigung und -position 10 m bis 30 m Bohrtiefe: Mast- und/oder Bohrstangen- neigung und -position sowie Bohrlochabweichung für die ersten 10 Bohrlöcher und danach von jedem 10. Bohrloch, falls nicht anders festgelegt. > 30 m Bohrtiefe: Mast- und/oder Bohrstangen- neigung und Bohrloch- abweichung für alle Bohrlöcher |
| Tiefe | Aufzeichnung, wie in 9.5 beschrieben | z. B. Datalogger | Für jedes Element |
| Düsenstrahl- element | Abmessungen und Homogenität | z. B. Sichtprüfung, Kernbohrung, zerstörende Bohrung, Leitstange, Hydrata- tionswärmeverfahren, CPT, SPT, Bohrloch- kamera, geophysikalische Messungen | Falls gefordert |
| | Andere mechanische Eigenschaften | z. B. Brasilianischer Zugversuch, Scherversuch, Steifigkeit | Falls gefordert |
| | Durchlässigkeit/ Wasserdichtheit | z. B. Pumpversuche, Wasserstands- messungen, Bohrloch- wasserprüfungen, Bohr- lochkamera, Labor- versuche | Falls gefordert |

C.2 Weitere Prüfungen zur Kontrolle von Bemessungsannahmen/Ausführung/Abnahme bezüglich des Entwurfs dürfen nach Projektspezifikation durchgeführt werden.

C.3 Falls Vorversuche gefordert sind, muss ein spezielles Prüfprogramm festgelegt werden.

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Anhang D **(informativ)**

Beispiele für Baustellenberichte beim Düsenstrahlverfahren

ANMERKUNG Die hier dargestellten Tagesberichte sind Beispiele für die Baustellendokumentation bei der Ausführung von Düsenstrahlelementen. Sie zeigen Möglichkeiten der Baustellenorganisation und des Arbeitsablaufes des Bohr- und Düsengestänges.

Das Bohr- und Düsengestänge kann kontinuierlich oder stufenweise zurückgezogen werden. Die zweite Art der Bewegung des Düsengestänges ist im „Bericht Düsengeräte“ in diesem Anhang dokumentiert. Dabei werden die Stufenlänge und die Zeit je Stufe aufgezeichnet.

Tabelle D.1 — Tagesbericht Misch- und Pumpanlage

| BAUSTELLE: BEREICH | | | | Pumpe: | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|---------------------|--------|
| DATUM: | | | | Aufsicht: | | | | | | | | |
| Schicht ab bis | | | | Unterschrift: | | | | | | | | |
| Anweisungen der Bauleitung | | | | | | | | | | | | |
| | | Wert | Sichtvermerk | | | | | | | | Mischungskontrollen | |
| Wasserdruck (bar) | | | | | | | | | | | Zeit | Dichte |
| Wassermenge (l/min) | | | | | | | | | | | | (kg/l) |
| Suspensionsdruck (bar) | | | | | | | | | | | | |
| Suspensionsmenge (l/min) | | | | | | | | | | | | |
| Luftdruck (bar) | | | | | | | | | | | | |
| Luftmenge (l/min) | | | | | | | | | | | | |
| | | Mischung A | Mischung B | | | | | | | | | |
| Zement/Mischung (kg) | | | | | | | | | | | | |
| Wasser/Mischung (kg) | | | | | | | | | | | | |
| Mischungsgewicht (kg) | | | | | | | | | | | | |
| Mischungsvolumen (l) | | | | | | | | | | | | |
| Dichte der Mischung (kg/l) | | | | | | | | | | | | |
| Suspensionskontrollen | | | | | | | | | | | | |
| Säule Nr. | Zähler Beginn Bohren | Zähler Ende Bohren | Zähler Beginn Vor-schneiden | Zähler Ende Vor-schneiden | Zähler Beginn Düsen | Zähler Ende Düsen | Düsezeit Beginn | Düsezeit Ende | Wasser-druck | Suspensions-druck | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Unterbrechungen | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl der Mischungen = | | | | | | | | | | | | |
| Beginn | Ende | Ursache der Unterbrechung | | | | Anmerkungen und Beobachtungen | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Name: Unterschrift: | | | | | | |

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Tabelle D.2 — Tagesbericht Düsengeräte

| BAUSTELLE: BEREICH | | Gerät: | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------|---------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|--------------|------------|----------------|-------------|------------------|----------------------------------|-------------|-----------|
| DATUM: | | Aufsicht: | | | | | | | | | | | | |
| Schicht ab bis | | Unterschrift: | | | | | | | | | | | | |
| Anweisungen der Bauleitung | | | | | | | | | | | | Arbeitsabfolge für die Säulen | | |
| | Vorschneiden | Düsenstrahlarbeiten | Bohren | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Säulenfußes (m) | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Säulenkopfes (m) | | | | | | | | | | | | | | |
| Düsendurchmesser (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
| Vorschubhöhe (cm) | | | | | | | | | | | | | | |
| Zeit je Hub (s) | | | | | | | | | | | | | | |
| Drehgeschwindigkeit (rpm) | | | | | | | | | | | | | | |
| Wasserdruck (bar) | | | | | | | | | | | | | | |
| Wassermenge (l/min) | | | | | | | | | | | | | | |
| Suspensionsdruck (bar) | | | | | | | | | | | | | | |
| Suspensionsmenge (l/min) | | | | | | | | | | | | | | |
| Luftdruck (bar) | | | | | | | | | | | | | | |
| Bohrlochkontrollen | | | | | | | | | | | | | | |
| Säule Nr. | Säulenneigung | Bohrung Beginn | Bohrung Ende | Bohrung Tiefe | Vorschneiden Beginn | Vorschneiden Ende | Düsen Beginn | Düsen Ende | Düsen Endtiefe | Wasserdruck | Suspensionsdruck | Hubhöhe | Zeit je Hub | Luftdruck |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Suspensionsmessungen | | | | | | | | | | | | | | |
| Säule Nr. | Tiefe | Suspensionsdichte | Probe Nr. | Anmerkungen und Beobachtungen | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Bohrmeister: Unterschrift: | | | | | | | | | | |

Anhang E (informativ)

Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen

Die Bestimmungen werden entsprechend ihrem Verbindlichkeitsgrad angegeben:

- RQ (en: requirement): Anforderung;
- RC (en: recommendation): Empfehlung;
- PE (en: permission): Erlaubnis;
- PO (en: possibility and eventuality): Möglichkeit;
- ST (en: statement): Aussage.

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| 1 Anwendungsbereich: ST | 5.2.4: RQ | 7.1 Allgemeines |
| 2 Normative Verweisungen: ST | 5.2.5: RQ | 7.1.1: POS |
| 3 Begriffe | 6 Baustoffe und Bauprodukte | 7.1.2: RC |
| 3.1 – 3.23: ST | 6.1 Allgemeines | 7.1.3: RQ |
| 4 Notwendige Informationen für die Ausführung | 6.1.1: RQ | 7.1.4: RQ |
| 4.1 Allgemeines | 6.1.2: RQ | 7.1.5: RQ |
| 4.1.1: RQ | 6.2 Zement | 7.1.6: RC |
| 4.1.2: RQ | 6.2.1: RQ | 7.1.7: RQ |
| 4.2 Spezifische Anforderungen | 6.2.2: RQ | 7.1.8: RC |
| 4.2.1 – 4.2.4: RQ | 6.2.3: PE | 7.1.9: RC |
| 5 Baugrunduntersuchung | 6.2.4: RQ | 7.1.10: RQ |
| 5.1 Allgemeines | 6.2.5: RQ | 7.1.11: RQ |
| 5.1.1: RQ | 6.2.6: PE | 7.1.12: RQ |
| 5.1.2: RC | 6.3: RQ | 7.1.13: RQ |
| 5.1.3: RC | 6.4 Bentonit | 7.1.14: RC |
| 5.1.4: RQ | 6.4.1: RC | 7.1.15: RQ |
| 5.1.5: RQ | 6.4.2: RQ | 7.1.16: RC |
| 5.1.6: RQ | 6.4.3: RQ | 7.2 Geometrische Randbedingungen |
| 5.2 Spezifische Anforderungen | 6.5: RQ | 7.2.1: RQ |
| 5.2.1: RQ | 6.6: RQ | 7.2.2: RQ |
| 5.2.2: RQ | 6.7: RQ | 7.2.3: RQ |
| 5.2.3: RQ | 7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung | 7.2.4: RC |

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

| | | |
|--|---|---|
| 7.2.5: RQ | 8.5 Düsenstrahlarbeit | 9.4 Prüfung der Düsenstrahlelemente |
| 7.3 Festigkeit und Verformungseigenschaften | 8.5.1: RQ | 9.4.1 Prüfung zur Beurteilung der Abmessungen |
| 7.3.1: ST | 8.5.2: RQ | 9.4.1.1: RQ |
| 7.3.2: RQ | 8.5.3: RQ | 9.4.1.2: RC |
| 7.3.3: RQ | 8.5.4: RQ | 9.4.1.3: RQ |
| 7.3.4: RQ | 8.5.5: RQ | 9.4.2 Mechanische Prüfungen |
| 7.3.5: RQ | 8.6 Rückfluss | 9.4.2.1: RQ |
| 7.3.6: PO | 8.6.1: RQ | 9.4.2.2: RQ |
| 7.3.7: RQ | 8.6.2: PE | 9.4.2.3: ST |
| 7.4 Durchlässigkeit | 8.6.3: RC | 9.4.2.4: RQ |
| 7.4.1: RQ | 8.6.4: RQ | 9.4.2.5: RQ |
| 7.4.2: RC | 8.7 Einbringen der Bewehrung: PO | 9.4.2.6: RC |
| 8 Ausführung | 9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen | 9.4.2.7: RQ |
| 8.1 Allgemeines | 9.1 Allgemeines | 9.4.3 Durchlässigkeitsprüfungen |
| 8.1.1: ST | 9.1.1: RQ | 9.4.3.1: RQ |
| 8.1.2: ST | 9.1.2: RQ | 9.4.3.2: PO |
| 8.1.3: ST | 9.1.3: RQ | 9.5 Überwachung |
| 8.1.4: PE | 9.1.4: PE | 9.5.1: RQ |
| 8.1.5: RQ | 9.1.5: RC | 9.5.2: RQ |
| 8.2 Ausrüstung: RQ | 9.1.6: PE | 9.5.3: RQ |
| 8.3 Vorbereitung der Baustelle | 9.2 Vorversuche | 10 Aufzeichnungen |
| 8.3.1: RQ | 9.2.1: RQ | 10.1 Auf der Baustelle verfügbare Unterlagen |
| 8.3.2: RQ | 9.2.2: RC | 10.1.1: RQ |
| 8.3.3: RQ | 9.2.3: RC | 10.1.2: RQ |
| 8.3.4: RQ | 9.2.4: RC | 10.2 Auf der Baustelle zu erstellende Unterlagen |
| 8.3.5: RQ | 9.3 Überwachung und Verfahrensprüfungen | 10.2.1: RQ |
| 8.3.6: RQ | 9.3.1: RQ | 10.2.2: RQ |
| 8.3.7: RQ | 9.3.2: RQ | 11 Besondere Anforderungen |
| 8.4 Bohrung und Toleranzen | 9.3.3: RQ | 11.1 Übereinstimmung mit nationalen und Europäischen Normen: RQ |
| 8.4.1: RQ | 9.3.4: RQ | 11.2 Baustellensicherheit |
| 8.4.2: PO | 9.3.5: RQ | 11.2.1: RQ |
| 8.4.3: RQ | 9.3.6: RC | 11.2.2: RQ |
| 8.4.4: RQ | 9.3.7: RC | 11.3 Umweltschutz: RQ |
| 8.4.5: RQ | 9.3.8: RC | |
| 8.4.6: RQ | | |

**Annex A (informativ) Bestimmung der
Materialfestigkeit**

Annex B (informativ) Qualität der Proben

**Annex C (normativ) Direkte und indirekte Prüfungen
und Qualitätskontrollen**

**Annex D (informativ) Beispiele für
Baustellenberichte beim Düsenstrahlverfahren**

**Annex E (informativ) Verbindlichkeitsgrad der
Festlegungen**

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Literaturhinweise

- [1] EN 196 (alle Teile), *Prüfverfahren für Zement*
- [2] EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau*
- [3] EN 12504-1, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 1: Bohrkernproben — Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit*
- [4] EN 12715, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Injektionen*
- [5] EN ISO 22282 (alle Teile), *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geohydraulische Versuche*
- [6] Merkblatt Qualitätssicherung für Bodenvermörtelung, öbv 2012