

## Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum:

23.06.2011

Geschäftszeichen:

I 63-1.34.24-12/11

Zulassungsnummer:

**Z-34.4-3**

Geltungsdauer

vom: **1. Mai 2011**

bis: **1. Mai 2016**

Antragsteller:

**Bilfinger Berger  
Spezialtiefbau GmbH**  
Goldsteinstraße 114  
60528 Frankfurt

Zulassungsgegenstand:

**Düsenstrahlverfahren "Bilfinger Berger (HDI)"**



Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.  
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst zwölf Seiten.  
Der Gegenstand ist erstmals am 1. Februar 1987 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

## I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Sofern in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Anforderungen an die besondere Sachkunde und Erfahrung der mit der Herstellung von Bauprodukten und Bauarten betrauten Personen nach den § 17 Abs. 5 Musterbauordnung entsprechenden Länderregelungen gestellt werden, ist zu beachten, dass diese Sachkunde und Erfahrung auch durch gleichwertige Nachweise anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union belegt werden kann. Dies gilt ggf. auch für im Rahmen des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) oder anderer bilateraler Abkommen vorgelegte gleichwertige Nachweise.
- 3 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 4 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 5 Hersteller und Vertreiber des Zulassungsgegenstandes haben, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", dem Verwender bzw. Anwender des Zulassungsgegenstandes Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen und darauf hinzuweisen, dass die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung an der Verwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen.
- 6 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nicht widersprechen. Übersetzungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 7 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.



## II BESONDERE BESTIMMUNGEN

### 1 Zulassungsgegenstand und Anwendungsbereich

#### 1.1 Zulassungsgegenstand

Gegenstand der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist das Düsenstrahlverfahren "Bilfinger Berger (HDI)" der Firma Bilfinger Berger Spezialtiefbau GmbH, Frankfurt; hierunter wird eine Bodenvermörtelung verstanden. Mit Hilfe eines Schneidstrahls aus Wasser oder Bindemittelsuspension, dem auch Druckluft hinzugefügt werden kann, wird der im Bereich des Bohrlochs anstehende Boden aufgeschnitten bzw. ausgefräst. Der ausgefräste Boden wird umgelagert und mit Bindemittelsuspension vermischt sowie teilweise auch durch den Bohrlochringraum zum Bohrlochmund gespült. Es können Bauelemente verschiedener geometrischer Formen hergestellt werden. Das Bauelement ist verfahrensbedingt nicht durchgehend homogen. Der Düsenstrahl (DS)-Körper nach dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung wird ausschließlich vor Ort im anstehenden Baugrund hergestellt.

Die fachgerechte Ausführung des Düsenstrahlverfahrens wurde vom Antragsteller nach dem "Prüfprogramm für die Grundsatzprüfungen: Düsenstrahlverfahren für Bohrneigungen  $\leq 60^\circ$  zur Vertikalen" durch Grundsatzprüfungen nachgewiesen.

Das Düsenstrahlverfahren "Bilfinger Berger (HDI)" wird in vier Varianten eingesetzt:

- |                                                                                                                        |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. Hochdruck-Schneiden mit Bindemittelsuspension                                                                       | (Verfahren 1) |
| 2. Hochdruck-Schneiden mit Wasser<br>und Verfüllen mit Bindemittelsuspension                                           | (Verfahren 2) |
| 3. Hochdruck-Schneiden mit Bindemittelsuspension<br>und Luftummantelung des Schneidstrahls                             | (Verfahren 3) |
| 4. Hochdruck-Schneiden mit Wasser<br>und Luftummantelung des Schneidstrahls<br>und Verfüllen mit Bindemittelsuspension | (Verfahren 4) |

Beim Verfahren 1<sup>1</sup> besteht der Schneidstrahl aus der Bindemittelsuspension. Er schneidet die Bodenstruktur auf und vermörtelt sie.

Beim Verfahren 2<sup>1</sup> wird der Boden mit einem Schneidstrahl aus Wasser gelöst. Die für die Vermörtelung erforderliche Bindemittelsuspension wird über tieferliegende separate Düsen eingepresst. Dieses Verfahren bedingt ein Zweikanal-Bohrgestänge, welches für Wasser und Suspension zwei getrennte Zulaufkanäle besitzt.

Beim Verfahren 3<sup>1</sup> besteht der Schneidstrahl aus Bindemittelsuspension und zusätzlich einem koaxialen Druckluftstrahl. Diese Variante bedingt ein Zweikanal-Bohrgestänge, welches für Luft und Suspension zwei getrennte Zulaufkanäle besitzt.

Beim Verfahren 4<sup>1</sup> wird der Boden mit einem koaxial druckluftummantelten Wasserstrahl gelöst. Die für die Vermörtelung erforderliche Bindemittelsuspension wird über separate Düsen eingepresst. Dieses Verfahren bedingt ein Dreikanal-Bohrgestänge, welches für Luft, Wasser und Suspension drei getrennte Zulaufkanäle besitzt.

In kohäsiven Böden (G $\bar{U}$ , G $\bar{T}$ , S $\bar{T}$  und UL, UM, TL, TM gemäß DIN 18196<sup>2</sup>) ist ein Vorschneiden mit Wasser oder Bindemittelsuspension zulässig. Nach dem Vorschneiden muss die Bindemittelsuspension von unten nach oben nach den o. g. Verfahren eingedüst werden.

<sup>1</sup> Gemäß Prüfprogramm für die Grundsatzprüfungen: Düsenstrahlverfahren für Bohrneigungen  $\leq 60^\circ$  zur Vertikalen, Deutsches Institut für Bautechnik, Fassung vom 20. Mai 2003  
<sup>2</sup> DIN 18196:1988-10 Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke



## 1.2 Anwendungsbereich

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung gilt für Maßnahmen, bei denen das Düsenstrahlverfahren "Bilfinger Berger (HDI)" zur Herstellung von Unterfangungen, Gründungen und Baugrubenverbau eingesetzt wird. Dabei sind Bohrungen zwischen 0 und ca. 60° zur Senkrechten zulässig. Die Einschränkung in der Neigung gilt nicht für die oberen "Zwickel", wie sie bei der Unterfangung von Fundamenten auftreten.

Es dürfen nur zusammenhängende Gründungselemente erstellt werden, d. h. mindestens in einer Richtung überschnittene DS-Körper mit ungefähr gleicher Querschnittsfläche; es ist z. B. nicht zulässig, aufgelöste Strukturen, bestehend aus einzelnen auf Lücke stehenden Säulen, anzuordnen<sup>3</sup>. Der Mindestquerschnitt einer DS-Säule muss 0,3 m<sup>2</sup> betragen. Werden überschnittene Säulen hergestellt, die mindestens aus zwei Reihen bestehen, genügt ein Mindestquerschnitt von 0,1 m<sup>2</sup> für eine DS-Säule.

Soweit nachstehend nichts anderes festgelegt ist, darf das Düsenstrahlverfahren "Bilfinger Berger (HDI)" nur in nichtbindigen<sup>4</sup> oder bindigen<sup>5</sup> Böden und in schwach organischen Böden<sup>6</sup>, sowie in Auffüllungen aus diesen Böden angewendet werden, ohne Einschränkung hinsichtlich der Kohäsion.

Bei geschichteten Böden gelten nachfolgende Einschränkungen:

- Schichten aus bindigen Böden zwischen solchen aus nichtbindigen Böden sind für das Verfahren nur geeignet, wenn die Kohäsion des undränierten (nicht entwässerten) Bodens  $c_u \leq 15 \text{ kN/m}^2$  ist oder wenn Probesäulen in diesen Böden ausgeführt werden und bei der Festlegung der Herstellparameter (siehe Abschnitt 2.1.3) die Schichten berücksichtigt werden.
- Schichten mit mehr als schwach organischen Böden<sup>6</sup> dürfen nicht mächtiger als 1,5 m sein.

Wenn beim Einsatz des Düsenstrahlverfahrens "Bilfinger Berger (HDI)" ein starker oder sehr starker chemischer Angriff (Expositionsklassen XA2 und XA3) nach DIN 4030-1<sup>7</sup> vorliegt oder organische Böden oder Böden mit einem höheren als schwach organischen Anteil<sup>6</sup> oder Hinweise auf quellfähige Inhaltsstoffe (z. B. Gefahr der Ettringitbildung) vorhanden sind, muss vor Baubeginn ein Sachverständiger eingeschaltet werden. Mit dessen Hilfe ist zu klären, ob das Erstarren oder das Erhärten der DS-Körper gestört und damit die Festigkeit oder die Dichtigkeit im Sinne der Standsicherheit (Erosionssicherheit, keine Tagbrüche) herabgesetzt werden oder es zu Absprengungen kommen kann. Beim Entwurf ist die Einwirkung von Frost zu berücksichtigen oder auszuschließen.

## 2 Bestimmungen für das Bauprodukt

### 2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

#### 2.1.1 Bindemittelsuspension

Der Bindemittelanteil der Suspension ist vom Verfahren wie auch von den gewünschten Eigenschaften des Endproduktes abhängig. Der Wasser/Bindemittel-Wert bewegt sich dabei in einem Bereich zwischen 0,5 und 1,5.

<sup>3</sup> Es soll sichergestellt werden, dass Schwachstellen mit geringer Ausdehnung durch umgebende DS-Säulen überbrückt werden.

<sup>4</sup> Definition und Bezeichnung nach DIN 1054:2005-01 - Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau; Abschnitt 5.2.2

<sup>5</sup> Definition und Bezeichnung nach DIN 1054:2005-01 - Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau; Abschnitt 5.2.3

<sup>6</sup> Grenzwerte organischer Bestandteile für schwach organische Böden:  $\leq 3 \text{ M.-%}$  bei nichtbindigen<sup>4</sup> bzw.  $\leq 5 \text{ M.-%}$  bei bindigen<sup>5</sup> Böden

<sup>7</sup> DIN 4030-1:2008-06 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte



Als Bindemittel sind Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164-10<sup>8</sup> und Zemente nach DIN EN 197-1<sup>9</sup> - unter Berücksichtigung der vorliegenden Expositionsklasse gemäß DIN EN 206-1<sup>10</sup> in Verbindung mit DIN 1045-2<sup>11</sup> (Tabellen 1, F.3.1 und F.3.2) - oder für das Düsenstrahlverfahren allgemein bauaufsichtlich zugelassene Bindemittel zu verwenden.

Wasser darf nach DIN EN 1008<sup>12</sup> oder in Trinkwasserqualität verwendet werden.

Zusatzmittel nach DIN EN 934-2<sup>13</sup> unter Berücksichtigung von DIN EN 934-6<sup>14</sup> in Verbindung mit DIN EN 206-1<sup>10</sup>/DIN 1045-2<sup>11</sup> oder mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung dürfen der Suspension zugegeben werden.

Der Suspension dürfen Flugaschen nach DIN EN 450-1<sup>15</sup> und BRL B<sup>16</sup>, Teil 1, Anlage 1/1.5 in der jeweils gültigen Fassung oder allgemein bauaufsichtlich zugelassene Flugaschen bis zu einem Gewichtsverhältnis von Flugasche zu Zement  $f/z \leq 1,0$  zugegeben werden.

Der Suspension dürfen Kalksteinmehle nach DIN EN 12620<sup>17</sup> zugegeben werden.

Hüttensande nach DIN EN 15167-1<sup>18</sup> dürfen der Suspension zugegeben werden, wenn sie die Anforderungen der DIN EN 197-1<sup>9</sup> an Hüttensand als Hauptbestandteil eines Zementes erfüllen.

Zusatzstoffe mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung dürfen ebenfalls der Suspension zugegeben werden.



8	DIN 1164-10:2004-08	Zement mit besonderen Eigenschaften - Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften
9	DIN 1164-10 Ber1:2005-01 DIN EN 197-1:2004-08	Berichtigungen zu DIN 1164-10:2004-08 Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen, und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2000 + A1:2004
10	DIN EN 197-1 Ber. 1:2004-11 DIN EN 197-1/A3:2007-09	Berichtigungen zu DIN EN 197-1:2004-08 Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2000/A3:2007
11	DIN EN 206-1:2001-07 DIN EN 206-1/A1:2004-10 DIN EN 206-1/A2:2005-09	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1/A1:2004 Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000/A2:2005
12	DIN 1045-2:2008-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
13	DIN EN 1008:2002-10	Zugabewasser für Beton - Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton; Deutsche Fassung EN 1008:2002
14	DIN EN 934-2:2009-09	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 2: Betonzusatzmittel - Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung; Deutsche Fassung EN 934-2:2009
15	DIN EN 934-6: 2006-03	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle und Bewertung der Konformität; Deutsche Fassung EN 934-6:2001 + A1:2005
16	DIN EN 450-1:2008-05	Flugasche für Beton – Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 450-1:2005+A1:2007
17	zuletzt: Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C - Ausgabe 2010/1 - "Mitteilungen", Deutsches Institut für Bautechnik 41 (2010), Sonderheft Nr. 39	Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12620:2002+A1:2008
18	DIN EN 12620:2008-07 DIN EN 15167-1:2006-12	Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 15167-1: 2006

Der Suspension darf maximal 9 Masse-% Tonmineralkomponente, z. B. Bentonit, bezogen auf den Bindemittelgehalt, zugegeben werden, wenn die Verwendbarkeit durch Eignungsprüfungen gemäß Abschnitt 2.1.3 nachgewiesen wurde. Bei einem Einsatz von mehr als 5 Masse-% Tonmineralkomponente ( $\leq 9$  Masse-%) sind stets Festigkeitsuntersuchungen gemäß Abschnitt 3.2 durchzuführen. Das Material der Eignungsversuche und der späteren Lieferungen muss identisch sein. Der Hersteller der Tonmineralkomponente muss die Identität des Materials durch ein Abnahmeprüfzeugnis in Anlehnung an DIN EN 10204<sup>19</sup> für geeignete Merkmale, wie Marshtrichter-Auslaufzeit nach DIN EN ISO 13500<sup>20</sup> oder Fließgrenze nach DIN 4126<sup>21</sup> oder DIN EN ISO 13500<sup>20</sup>, nachweisen. Die Lieferscheine für das verwendete Material der Eignungsversuche und der späteren Lieferungen müssen identische Produktbezeichnungen gemäß zugehörigem Datenblatt aufweisen. Der Hersteller der Tonmineralkomponente muss ein zertifiziertes Unternehmen gemäß der aktuellen DIN EN ISO 9001<sup>22</sup> sein.

Falls eine Tonmineralkomponente zugegeben wird, sollte eine Suspension aus Wasser und Tonmineralkomponente vor Zugabe des Zementes hergestellt werden.

### 2.1.2 Böden

Siehe Abschnitt 1.2.

### 2.1.3 Probesäulen

Auf jeder Baustelle sind, falls keine vergleichbaren Eignungsprüfungen vorliegen, mindestens

- zwei Probesäulen bei nichtbindigen Böden<sup>4</sup>,
- drei Probesäulen bei bindigen Böden<sup>5</sup>

als Eignungsprüfung herzustellen.

In schwach organischen Böden<sup>6</sup> oder in geschichtetem Baugrund mit unterschiedlichen Bodenarten sind immer mindestens drei Probesäulen je Baustelle als Eignungsprüfung herzustellen.

Wird der Bindemittelsuspension mehr als 5 Masse-% Tonmineralkomponente zugegeben, ist jeweils eine zusätzliche Probesäule herzustellen.

Im Rahmen dieser Arbeiten sind folgende Herstellparameter festzulegen:

- Bindemittelart,
- Anteil der Tonmineralkomponente,
- Aufbereitungsart der Bindemittelsuspension,
- Wasser/Bindemittel-Wert der Suspension,
- Ziehzeit des Bohrgestänges (min/m),
- Drehgeschwindigkeit (Umdrehungen/min),
- Pumpendruck des Schneidmediums (bar),
- Durchmesser und Anzahl der Schneiddüsen (mm),
- Schneidwassermenge (l/min),
- Suspensionsverfüllmenge (l/min),
- Suspensionsverfülldruck (bar),



19	DIN EN 10204:2005-01	Metallische Erzeugnisse; Arten von Prüfbescheinigungen
20	DIN EN ISO 13500:2006-06	Erdöl- und Erdgasindustrie - Bohrspülungen - Spezifikationen und Prüfungen (ISO 13500:2006)
21	DIN 4126:1986-08	Ortbeton-Schlitzwände; Konstruktion und Ausführung
22	DIN EN ISO 9001:(derzeit 2008-12)	Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen (ISO 9001:2008); Dreisprachige Fassung EN ISO 9001:2008

- Durchmesser und Anzahl der Verfülldüsen,
- Abstand der Schneiddüsen zu den Verfülldüsen.

Die Herstellparameter sind zu protokollieren und dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Außerdem ist von jeder Probesäule der mittlere Durchmesser zu bestimmen (z. B. durch Freilegen der Probesäule) und mit den im Entwurf vorgesehenen Durchmessern zu vergleichen. Die Herstellparameter sind aufgrund dieses Vergleiches ggf. zu verändern.

Von jeder Probesäule ist mindestens eine Serie von Probekörpern (4 Einzelproben) zu entnehmen und nach Abschnitt 3 auszuwerten. Der Bemessungswert der Druckfestigkeit muss mindestens den im Entwurf vorgegebenen Wert erreichen.

Das Kriechverhalten muss durch Eignungsprüfungen an mindestens einer Serie von Probekörpern (3 Einzelproben) ermittelt werden, wenn in bindigen<sup>5</sup> Böden die nach Abschnitt 3.2.2 dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ermittelte Zylinderdruckfestigkeit  $f_{m,mittel} < 4 \text{ N/mm}^2$  ist. Das Kriechverhalten ist gemäß Abschnitt 3.4 zu ermitteln.

## 2.2 Herstellung

Bei Herstellung des DS-Körpers nach dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung sind die Parameter der Eignungsprüfung bzw. der Probesäulen entsprechend Abschnitt 2.1.3 einzuhalten.

Das Bohrloch ist bis in die vorgesehene Tiefe abzuteufen. Die Versenktiefe ist festzustellen. Bei nicht standfestem Bohrloch und für den Fall, dass die DS-Säule nicht sofort hergestellt wird, ist das Bohrloch nach Erreichen der Endtiefe zu sichern.

Die DS-Säule ist - beginnend vom Bohrlochtiefsten - von unten nach oben herzustellen.

Während der Herstellung der DS-Säule ist darauf zu achten, dass eine ausreichende Druckentlastung gegeben ist. Dies wird dadurch sichergestellt, dass ein ungehinderter Rücklauf der überschüssigen Suspension, vermischt mit Boden, zur Erdoberfläche gewährleistet wird. Der Rücklauf erfolgt entweder über den Ringraum zwischen Bohrgestänge und Bohrloch oder über gesonderte Entlastungsbohrungen.

In kohäsiven Böden ( $G\bar{U}$ ,  $G\bar{T}$ ,  $S\bar{T}$  und  $UL$ ,  $UM$ ,  $TL$ ,  $TM$  gemäß DIN 18196<sup>2</sup>) ist ein Vorschneiden mit Wasser oder Bindemittelsuspension mit oder ohne Luftummantelung über die gesamte Tiefe zulässig. Müssen bei dieser Vorgehensweise Verformungen begrenzt werden oder wird so bei Gebäudeunterfangungen vorgegangen, darf der Düsdurchmesser maximal 1,2 m betragen. Nach dem Vorschneiden muss die Bindemittelsuspension von unten nach oben nach den unter Abschnitt 1.1 genannten Verfahren eingedüst werden.

Eine Unterbrechung der Herstellung einer DS-Säule ist zulässig, wenn der restliche Teil der Säule vor Beginn des Abbindevorganges fertiggestellt wird und der Düsenträger mindestens 0,5 m in den bereits hergestellten Teil wieder eintaucht.

Der DS-Körper ist aus den DS-Säulen Frisch-in-frisch (Herstellung der Säulen unmittelbar nacheinander, ohne dass Erhärtung der einzelnen Säule abgewartet wird) oder im Pilgerschrittverfahren (Herstellung der überlappenden Säulen erst nach bestimmter Erhärtungszeit bzw. nach dem Erzielen einer zuvor bestimmten Festigkeit der benachbarten, zuvor hergestellten Säulen) herzustellen.

Bei Anwendung des Düsenstrahlverfahrens "Bilfinger Berger (HDI)" im Grundwasser muss sichergestellt sein, dass die Dichtigkeit im Sinne der Standsicherheit (Erosionssicherheit, keine Tagbrüche) gegeben ist. Das kann z. B. dadurch erreicht werden, dass die Bohrabstände so gewählt werden, dass die einzelnen DS-Säulen sich ausreichend überlappen.



### 2.3 Übereinstimmungsnachweis

Die Bestätigung der Übereinstimmung des Düsenstrahlverfahrens "Bilfinger Berger (HDI)" mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jede Ausführung mit einer Übereinstimmungserklärung der ausführenden Firma auf der Grundlage der Kontrollen der Ausführung gemäß Abschnitt 4.4 erfolgen.

## 3 Bestimmungen für Entwurf und Bemessung

### 3.1 Nachweis der Standsicherheit

Soweit nachstehend nichts anderes festgelegt ist, gilt DIN 4093<sup>23</sup>, Abschnitt 9.

Bei der Wahl und Planung des Herstellungsverfahrens sind Zustand und Abstand vorhandener baulicher Anlagen, insbesondere hinsichtlich ihrer Verformungsempfindlichkeit zu beachten.

### 3.2 Ermittlung des Bemessungswertes der Druckfestigkeit

#### 3.2.1 Allgemeines

Als Kenngröße für die Festigkeit ist die Zylinderdruckfestigkeit des Materials  $f_m$  zu verwenden.

Die einem Entwurf zugrunde gelegte charakteristische Zylinderdruckfestigkeit  $f_{m,k}$  ist vor Beginn der Ausführung durch Eignungsprüfungen (siehe Abschnitt 2.1.3) nachzuweisen und während der Ausführung durch Kontrollprüfungen (siehe Abschnitt 4.4) zu bestätigen. Statt mit Eignungsprüfungen können die Festigkeiten aufgrund von Erfahrungen bei übertragbaren Bodenverhältnissen und Herstellparametern festgelegt werden.

Die Ermittlung der Druckfestigkeit kann bei den Kontrollprüfungen auch an Probekörpern erfolgen, die aus dem hergestellten DS-Element (z. B. Bohrkerne) entnommen wurden. Festigkeitsprüfungen an Proben aus dem Rücklauf sind nicht zulässig.

Die einaxiale Druckfestigkeit ist an zylindrischen Prüfkörpern mit einem Durchmesser  $d \geq 100$  mm und einem Verhältnis Höhe zu Durchmesser von  $h/d = 2$  zu bestimmen. Bei Würfeln ( $a \geq 150$  mm) und Zylindern mit  $h/d = 1$  ist eine Abminderung mit 0,8 vorzunehmen. Zwischen  $h/d = 1$  und  $h/d = 2$  darf linear interpoliert werden. Der Durchmesser bzw. die Kantenlänge des Probekörpers sollte mindestens das 6fache, besser das 10- bis 12fache des Größtkorndurchmessers betragen.

Die Proben sind dort zu entnehmen, wo eine Aussage über die Festigkeit der DS-Säule an ihrer schwächsten Stelle gewonnen wird. Diese ist i. a. in der Höhe von Schichtwechseln des Bodens zu erwarten bzw. im Bereich bindiger sowie organischer Böden bzw. Bodenschichten (siehe Abschnitt 1.2). Fehlstellen im statisch erforderlichen Querschnitt sind fachgerecht zu plombieren.

Die maßgebende Zylinderdruckfestigkeit richtet sich nach dem Zeitpunkt der statischen Inanspruchnahme des DS-Körpers; dementsprechend ist auch die Entnahme und Prüfung der Probekörper zu wählen. Das Alter der Probekörper ist anzugeben.

Die Ermittlung der Zylinderdruckfestigkeit erfolgt nach DIN EN 12390-3<sup>24</sup>, die Lagerung der Prüfkörper nach Abschnitt 5.5 der DIN EN 12390-2<sup>25</sup>.



<sup>23</sup> DIN 4093:1987-09  
<sup>24</sup> DIN EN 12390-3:2009-07  
<sup>25</sup> DIN EN 12390-2:2001-06

Baugrund; Einpressen in den Untergrund; Planung, Ausführung, Prüfung  
Prüfung von Festbeton - Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern; Deutsche Fassung EN 12390-3:2009  
Prüfung von Festbeton - Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen; Deutsche Fassung EN 12390-2:2000

Bei Bohrkernen ist die Zylinderdruckfestigkeit nach E DIN EN 12504-1<sup>26</sup> zu ermitteln. Auf die Prüfung wassergesättigter Bohrkern (siehe Abschnitt 8.1 der E DIN EN 12504-1<sup>26</sup>) darf gemäß DIN EN 13791<sup>27</sup>, Abschnitt NA.4.2. verzichtet werden. Abweichend von den Regelungen in Abschnitt 6.2 der DIN EN 12390-3<sup>24</sup> gilt in Abhängigkeit von der festgelegten charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit bei der kraftgesteuerten Festigkeitsprüfung eine Belastungsgeschwindigkeit von:

- $v = 0,01 \text{ MPa/s}$  bei  $f_{m,k} \leq 2 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$ ,
- $v = 0,10 \text{ MPa/s}$  bei  $f_{m,k} > 2 \text{ MPa}$ .

### 3.2.2 Bemessungswert der Festigkeit für eine Bemessung nach DIN 1054<sup>28</sup>

Für den Nachweis der charakteristischen Druckfestigkeit  $f_{m,k}$  sind je Verfahren und Bodenart folgende Kriterien einzuhalten:

- Mindestwert:  $f_{m,i} \geq f_{m,k}$
- bezogen auf den Mittelwert:  $f_{m,\text{mittel}} \geq f_{m,k} / \alpha$
- charakteristische Zylinderdruckfestigkeit  $f_{m,k} \leq 10 \text{ N/mm}^2$

Aus der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit  $f_{m,k}$  ist der Bemessungswert  $f_{m,d}$  wie folgt abzuleiten.

$$f_{m,d} = 0,85 \cdot f_{m,k} / \gamma_m$$

$$f_{m,\text{mittel}} = \text{Mittelwert einer Serie, } f_{m,\text{mittel}} = (1/n) \sum f_{m,i}$$

$$\alpha = \text{Beiwert zur Ermittlung der charakteristischen Druckfestigkeit}$$

$$= 0,6 \text{ bei } f_{m,k} \leq 4 \text{ N/mm}^2$$

$$= 0,75 \text{ bei } f_{m,k} = 12 \text{ N/mm}^2$$

(Zwischenwerte sind geradlinig zu interpolieren)

$$\gamma_m = \text{Teilsicherheitsbeiwert für die Zylinderdruckfestigkeit}$$

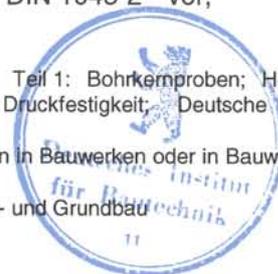
$$= 1,5 \text{ für Lastfälle LF 1 und LF 2 gemäß DIN 1054}^{28}$$

$$= 1,3 \text{ für Lastfall LF 3 gemäß DIN 1054}^{28}$$

Für die Nachweisführung bei Gründungen oder Stützbauwerken ist DIN 1054<sup>28</sup>, Abschnitte 7 bis 10, zu beachten. Für die nach dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung hergestellten Gründungselemente gelten die Regeln der Geotechnischen Kategorie 3 nach DIN 1054<sup>28</sup>, Abschnitt 4.2. Werden alle nachfolgenden Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt, darf die Geotechnische Kategorie 2 nach DIN 1054<sup>28</sup>, Abschnitt 4.2, angesetzt werden:

- bei der Bemessung wird eine charakteristische Zylinderdruckfestigkeit  $f_{m,k} < 4 \text{ N/mm}^2$  zu Grunde gelegt;
- die Bodenverfestigung wird nicht oder nur einseitig freigelegt;
- die freistehende Düskörperhöhe bei Unterfangskörpern oder Wänden ist  $\leq 2 \text{ m}$ ;
- die allseitig im Boden eingebettete Düskörperhöhe ist  $\leq 4 \text{ m}$ ;
- es wirkt kein Wasserdruck, der aus einer Wasserstandsdifferenz von  $> 1 \text{ m}$  entsteht;
- es liegt höchstens ein schwach chemischer Angriff der Expositionsklasse XA1 (bzw. bei Sulfatangriff XA2) nach DIN EN 206-1<sup>10</sup> in Verbindung mit DIN 1045-2<sup>11</sup> vor;

26	E DIN EN 12504-1:2008-07	Prüfung von Beton in Bauwerken - Teil 1: Bohrkernproben; Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit; Deutsche Fassung prEN 12504-1:2008
27	DIN EN 13791:2008-05	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung prEN 13791:2007
28	DIN 1054:2005-01 DIN 1054 Ber. 1:2005-04 DIN 1054 Ber. 2:2007-04 DIN 1054 Ber. 3:2008-01 DIN 1054 Ber. 4:2008-10 DIN 1054/A1:2009-07	Baugrund; Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau Berichtigungen zu DIN 1054:2005-01 Berichtigungen zu DIN 1054:2005-01 Berichtigungen zu DIN 1054:2005-01 Berichtigungen zu DIN 1054:2005-01 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau; Änderung A1



- es stehen gleichmäßige Bodenverhältnisse an (siehe Abschnitt 1.2);
- es treten keine dynamischen Beanspruchungen am Verfestigungskörper (siehe DIN 1054<sup>28</sup>, Abschnitt 6.1.4) auf, die die Werte der DIN 4150-3<sup>29</sup>, Tabelle 1, Zeile 3 für Fundamente, überschreiten.

Die charakteristischen Werte der Beanspruchungen sind sinngemäß nach dem Verfahren der DIN 4093<sup>23</sup>, Abschnitt 9, zu ermitteln. Die maßgebenden Bemessungswerte der Beanspruchungen  $E_d$  sind aus den charakteristischen Beanspruchungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach Tabelle 2 der DIN 1054<sup>28</sup> für den Grenzzustand GZ 1B zu ermitteln.

Es ist im Grenzzustand der Tragfähigkeit nachzuweisen, dass die Bemessungswerte der Einwirkungen kleiner gleich den zugehörigen Bemessungswerten der Widerstände sind. Die Nachweise für Normal- und Schubspannungen sind getrennt zu führen. Als Bemessungswert des Widerstands gegen Normalspannungen  $f_{\sigma,n,d}$  ist der Wert  $f_{\sigma,n,d} = 0,7 \cdot f_{m,d}$  und als Bemessungswert des Widerstands gegen Schubspannungen  $f_{\tau,d}$  der Wert  $f_{\tau,d} = 0,2 \cdot f_{m,d}$  anzusetzen. Zugspannungen dürfen nicht angesetzt werden. Für die Begrenzung der Schlankheit gelten die Regelungen nach DIN 4093<sup>23</sup>, Abschnitt 9.

### 3.3 Anzahl der Probekörper

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit ist je 1000 m<sup>3</sup> DS-Körper eine Serie von Probekörpern (4 Einzelproben) aus den DS-Säulen zu entnehmen. Je Baustelle sind aber mindestens zwei Serien von Probekörpern zu entnehmen und auszuwerten.

Bei Baustellen bis 500 m<sup>3</sup> DS-Körper genügt zur Bestimmung der Druckfestigkeit eine Serie von Probekörpern.

Wird das Düsenstrahlverfahren "Bilfinger Berger (HDI)" in bindigen Böden mit  $c_u \geq 20$  kN/m<sup>2</sup> oder in schwach organischen Böden<sup>6</sup> angewendet, ist die Anzahl der zu untersuchenden Probekörper zu verdoppeln.

Sollten Kriechversuche nach Abschnitt 3.4 dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erforderlich sein, so ist jeweils zusätzlich mindestens eine Serie von Probekörpern (3 Einzelproben) zu entnehmen.

### 3.4 Ermittlung des Kriechverhaltens

Das Kriechverhalten muss durch Eignungsprüfungen (siehe Abschnitt 2.1.3) und während der Ausführung durch Kontrollprüfungen (siehe Abschnitt 4.4) ermittelt werden, wenn in bindigen Böden<sup>5</sup> die nach Abschnitt 3.2.2 dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ermittelte Zylinderdruckfestigkeit  $f_{m,mittel} < 4$  N/mm<sup>2</sup> ist.

Wenn Kriechversuche erforderlich sind, ist auch  $f_{m,k}$  aus dem Kriechversuch zu ermitteln.

Die Kriechversuche sind in Anlehnung an DIN 4093<sup>23</sup>, Abschnitte 8.3.3.2.1, 8.3.3.2.3 und 8.3.3.2.5 durchzuführen. Der Kriechversuch ist bei einem Probealter zu beginnen, welches maximal der Zeit zwischen Herstellung und Belastung des DS-Körpers entspricht.

Die aufzubringende Prüfbeanspruchung beträgt  $\sigma_{cr} = 0,5 \cdot f_{m,k}$ .

Der Kriechversuch gilt als bestanden, wenn bis zu einer Kriechzeit von 30 Stunden das Kriechkriterium  $\Delta \varepsilon_k \leq 0,02$  % innerhalb von 6 Stunden oder bei einer erforderlichen Kriechzeit  $> 30$  Stunden dieses Kriterium innerhalb von 24 Stunden (siehe Bilder 4 und 3 der DIN 4093<sup>23</sup>) eingehalten wird.

## 4 Bestimmungen für die Ausführung

### 4.1 Ausführende Firma

Die Herstellung des DS-Körpers nach dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung darf jeweils nur unter verantwortlicher technischer Leitung der Firma Bilfinger Berger Spezialtiefbau GmbH erfolgen.



<sup>29</sup> DIN 4150-3:1999-02

Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen

## 4.2 Geräte

Für die Ausführung gelten folgende Gerätekonfigurationen:

### 4.2.1 Bohrgerät

Zum Herstellen der DS-Säule ist ein Bohr- und Düsengestänge mit mindestens 60 mm Durchmesser zu verwenden. Das Gestänge ist an der Bohrlafette mindestens an zwei Stellen während des Bohrvorgangs zu führen. Die Rotations- und Ziehgeschwindigkeit muss einstellbar sein und konstant gehalten werden können.

### 4.2.2 Düsenträger

Die Düsenträger können eine oder mehrere Schneiddüsen sowie eine oder mehrere Verfülldüsen besitzen. Der Durchmesser der Düsen ist auf die Leistung der Pumpen abzustimmen. Wird zusätzlich Druckluft eingesetzt, so sind spezielle Düsen erforderlich.

### 4.2.3 Pumpen

Zur Beschickung der Schneiddüsen sind Pumpen zu verwenden, mit denen Mindestdrücke von 300 bar erreicht werden können. Der Schneiddruck und der Verfülldruck sowie die Durchflussmenge beim Schneiden und Verfüllen müssen gemessen und protokolliert werden.

### 4.2.4 Mischer

Zur Aufbereitung der Suspension sind Mischer zu verwenden, die eine gleichmäßige Zusammensetzung und einen homogenen Aufschluss der Suspension gewährleisten, so dass keine Stopfer in den Düsen auftreten können.

Dabei sind sowohl Durchlaufmischer als auch Chargenmischer zugelassen. In Dosiereinrichtungen müssen Feststoffe durch Wägung und Flüssigkeiten durch Wägung oder Volumenbestimmung der jeweiligen Charge gemessen werden. Die Toleranz der Messeinrichtung darf höchstens 3 % betragen.

## 4.3 Bohrabweichungen

Die Bohrabweichungen sind bei der Wahl der Bohransatzpunkte zu berücksichtigen. Wenn es auf Dichtigkeit der DS-Wände (und -Säulen) im Sinne der Standsicherheit (Erosionsicherheit, keine Tagbrüche) ankommt (siehe Abschnitt 2.2), ist der Nachweis zu erbringen, dass die erreichbare Bohrgenauigkeit ausreicht. Hierzu können zusätzlich zu Vermessungszwecken Prüfbohrungen eingesetzt werden.

## 4.4 Übereinstimmungserklärung

Während der Ausführung des Düsenstrahlverfahrens "Bilfinger Berger (HDI)" sind Aufzeichnungen über den Nachweis der ordnungsgemäßen Ausführung vom Bauleiter oder seinem Vertreter zu führen.

Die Bestätigung der Übereinstimmung des Düsenstrahlverfahrens "Bilfinger Berger (HDI)" mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jede Ausführung mit einer Übereinstimmungserklärung der ausführenden Firma auf der Grundlage der Kontrollen der Ausführung (Tabelle 1) erfolgen. Die Ergebnisse der Kontrollen sind aufzuzeichnen und auszuwerten.



Tabelle 1: Maßnahmen zur Kontrolle der Ausführung

Prüfgegenstand	Überprüfung / Prüfung	Mindesthäufigkeit
Geräte	Abschnitt 4.2	jede Baustelle
Zementsorte, Zusatzmittel, Zusatzstoffe	Bei Sackware Kontrolle des Lieferscheines und der Aufdrucke auf den Säcken. Bei Siloware Kontrolle des Lieferscheines.	jede Lieferung
Tonmineral- komponente	Kontrolle des Lieferscheines und des Abnahmeprüfzeugnisses	jede Lieferung
Ausgangs- suspension	Dichtemessung	jeweils mindestens 3 mal arbeitstäglich
Herstellparameter	Abschnitt 2.1.3	jeder DS-Körper
Bohtiefe	Abschnitt 2.2	jeder DS-Körper
DS-Festigkeit	Druckfestigkeit (Abschnitt 3)	Abschnitt 3
Kriechverhalten	Abschnitt 3.4	Abschnitt 3

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.

Die Übereinstimmungserklärung des Bauausführenden muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Zulassungsnummer
- Bezeichnung des Bauvorhabens
- Datum der Ausführung
- Name und Sitz der ausführenden Firma
- Bestätigung über die Ausführung entsprechend den Planungsunterlagen
- Dokumentation der Ausgangsstoffe und Lieferscheine
- Art der Kontrollen oder Prüfungen
- Datum der Kontrolle bzw. Prüfung
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen
- Besonderheiten
- Name, Firma und Unterschrift des für die Kontrollen und Prüfungen Verantwortlichen

Die Aufzeichnungen müssen während der Bauzeit auf der Baustelle bereitliegen. Sie sind nach Abschluss der Arbeiten mindestens fünf Jahre vom Unternehmen aufzubewahren.

Kopien der Aufzeichnungen sind dem Bauherrn zur Aufnahme in die Bauakten auszuhandigen und dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Anneliese Böttcher  
Referatsleiterin

