

10829 Berlin, 28. Januar 2008  
Kolonnenstraße 30 L  
Telefon: 030 78730-357  
Telefax: 030 78730-320  
GeschZ.: II 20-1.34.24-10/07

## Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

**Zulassungsnummer:**

Z-34.24-215

**Antragsteller:**

Kagel Spezialtiefbau GmbH  
Koppel 55  
20099 Hamburg

**Zulassungsgegenstand:**

"Düsenstrahlverfahren Kagel (HDI)"

**Geltungsdauer bis:**

31. Januar 2013

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.  
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst zehn Seiten.



## I. ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Hersteller und Vertreiber des Zulassungsgegenstandes haben, unbeschadet weitergehender 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.
- 5 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.
- 6 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 folgenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist das "Düsenstrahlverfahren Kagel (HDI)" der Firma Kagel Spezialtiefbau GmbH, Hamburg; hierunter wird eine Bodenvermörtelung verstanden. Mit Hilfe eines Schneidstrahls aus Wasser oder Bindemittelsuspension 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.

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 Kagel (HDI)" wird in zwei Varianten eingesetzt:

1. Hochdruck-Schneiden mit Bindemittelsuspension (Verfahren 1)
2. Vorschneiden mit Wasser oder Bindemittelsuspension (Verfahren 5.1)  
+ anschließend Verfahren 1

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

Beim Verfahren 5.1<sup>1</sup> kann der kohäsive Boden ( $G\bar{U}$ ,  $G\bar{T}$ ,  $S\bar{T}$  und  $UL$ ,  $UM$ ,  $TL$ ,  $TM$  gemäß DIN 18196:1988-10<sup>2</sup>) über die gesamte Tiefe mit Wasser oder Bindemittelsuspension aufgeschnitten werden. Nach dem Vorschneiden muss die Bindemittelsuspension von unten nach oben nach Verfahren 1 eingedüst werden.

#### 1.2 Anwendungsbereich

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung gilt für Maßnahmen, bei denen das "Düsenstrahlverfahren Kagel (HDI)" zur Herstellung von Unterfangungen, Gründungen und Baugrubenverbau eingesetzt wird. Dabei sind Bohrungen zwischen  $0^\circ$  und ca.  $60^\circ$  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 Düsenstrahl (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  $0,3 \text{ m}^2$  betragen. Werden überschnittene Säulen hergestellt, die mindestens aus zwei Reihen bestehen, genügt ein Mindestquerschnitt von  $0,1 \text{ m}^2$  für eine DS-Säule.

Soweit nachstehend nichts anderes festgelegt ist, darf das "Düsenstrahlverfahren Kagel (HDI)" nur in nichtbindigen<sup>4</sup> oder bindigen<sup>5</sup> Böden und solchen mit schwach humosen

1 Gemäß Prüfprogramm für die Grundsatzprüfungen: Düsenstrahlverfahren für Bohrneigungen  $\leq 60^\circ$  zur Vertikalen, Deutsches Institut für Bautechnik, Fassung vom 20. Mai 2003

2 DIN 18196:1988-10 Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

3 Es soll sichergestellt werden, dass Schwachstellen mit geringer Ausdehnung durch umgebende DS-Körper überbrückt werden.

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

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

bzw. organischen Beimengungen nach DIN 4022-1:1987-09<sup>6</sup>, Abschnitt 8.4, Tabelle 4, 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 (Abschnitt 2.1.3) die Schichten berücksichtigt werden.
- Schichten aus Böden mit mehr als schwach humosen bzw. organischen Beimengungen nach DIN 4022-1:1987-09<sup>6</sup>, Abschnitt 8.4, Tabelle 4, dürfen nicht mächtiger als 1,5 m sein.

Die zuvor genannten Einschränkungen des Anwendungsbereiches brauchen nicht eingehalten zu werden, wenn das Düsenstrahlverfahren nur zur Verbesserung der Gebrauchsfähigkeit eingesetzt wird (dies kann z. B. der Fall sein bei Bodenverbesserungen oder Nachgründungen zur Verminderung von Setzungen).

Wenn beim Einsatz des "Düsenstrahlverfahrens Kegel (HDI)" ein starker oder sehr starker chemischer Angriff nach DIN 4030-1:1991-06<sup>7</sup> vorliegt oder organische Böden oder Böden mit mehr als schwach humosen bzw. organischen Beimengungen nach DIN 4022-1:1987-09<sup>6</sup>, Abschnitt 8.4, Tabelle 4, 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 herabgesetzt werden oder es zu Absprengungen kommen kann.

## 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.

Als Bindemittel sind die in Tabelle 1 aufgeführten Zemente nach DIN EN 197-1<sup>8</sup> und Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164-10<sup>9</sup> oder für das Düsenstrahlverfahren allgemein bauaufsichtlich zugelassene Bindemittel zu verwenden.



---

6	DIN 4022-1:1987-09	Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben im Boden und im Fels
7	DIN 4030-1:1991-06	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte
8	DIN EN 197-1:2004-08	Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen, und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2000 + A1:2004
9	DIN 1164-10:2004-08	Zement mit besonderen Eigenschaften - Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften
	DIN 1164-10 Ber1:2005-01	Berichtigungen zu DIN 1164-10:2004-08

Zusatzmittel nach DIN EN 934-2<sup>10</sup> in Verbindung mit DIN V 18998<sup>11</sup> unter Berücksichtigung von DIN V 20000-100<sup>12</sup> oder entsprechender allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung sowie Zusatzstoffe mit entsprechender allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung, dürfen der Suspension zugegeben werden. Der Suspension dürfen Flugaschen nach DIN EN 450<sup>13</sup> und BRL A<sup>14</sup>, Teil 1, Anlage 1.6 in der jeweils gültigen Fassung oder nach DIN EN 450-1<sup>15</sup> und BRL B<sup>14</sup>, Teil 1, Anlage 1/1.5 oder allgemein bauaufsichtlich zugelassene Flugaschen bis zu einem Gewichtsverhältnis von

$$f/z \leq 1,0 \quad \begin{array}{l} f = \text{Flugasche,} \\ z = \text{Zement} \end{array}$$

zugegeben werden.

Tabelle 1: Zemente nach DIN EN 197-1:2004-08<sup>8</sup>

Hauptzementart	Bezeichnung der Zementart	
CEM I	Portlandzement	CEM I
CEM II	Portlandhüttenzement	CEM II/A-S
		CEM II/B-S
	Portlandpuzzolanzement	CEM II/A-P
		CEM II/B-P
	Portlandflugaschezement	CEM II/A-V
	Portlandschieferzement	CEM II/A-T
		CEM II/B-T
	Portlandkalksteinzement	CEM II/A-LL
Portlandkompositzement	CEM II/B-M (S-V)	
CEM III	Hochofenzement	CEM III/A
		CEM III/B

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>,



<sup>10</sup> DIN EN 934-2:2002-02 Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 2: Betonzusatzmittel – Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung  
 DIN EN 934-2/A1:2005-06 Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 2: Betonzusatzmittel – Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung; Deutsche Fassung EN 934-2:2001/A1:2004  
 DIN EN 934-2/A2:2006-03 Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 2: Betonzusatzmittel - Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung; Deutsche Fassung EN 934-2:2001/A2:2005  
<sup>11</sup> DIN V 18998:2002-11 Beurteilung des Korrosionsverhaltens von Zusatzmitteln nach Normen der Reihe DIN EN 934  
 DIN V 18998/A1:2003-05 Beurteilung des Korrosionsverhaltens von Zusatzmitteln nach Normen der Reihe DIN EN 934; Änderung A1  
<sup>12</sup> DIN V 20000-100:2002-11 Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 100: Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2:2002-02  
<sup>13</sup> DIN EN 450:1995-01 Flugasche für Beton; Definitionen, Anforderungen und Güteüberwachung  
<sup>14</sup> zuletzt: Bauregeliste A, Bauregeliste B und Liste C – Ausgabe 2007/1 – "Mitteilungen", Deutsches Institut für Bautechnik 38 (2007), Sonderheft Nr. 34  
<sup>15</sup> DIN EN 450-1:2005-05 Flugasche für Beton – Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 450-1:2005

– drei Probesäulen bei bindigen Böden<sup>5</sup>  
als Eignungsprüfung herzustellen.

Bei Böden mit schwach humosen bzw. organischen Beimengungen nach DIN 4022-1: 1987-09<sup>6</sup>, Abschnitt 8.4, Tabelle 4, sind immer mindestens drei Probesäulen je Baustelle als Eignungsprüfung herzustellen.

Bei Böden mit zwischengelagerten organischen Schichten sowie Schichten aus bindigen Böden (siehe Abschnitt 1.2) sind immer mindestens drei Probesäulen je Baustelle als Eignungsprüfung herzustellen.

Sofern das "Düsenstrahlverfahren Kagel (HDI)" nur zur Verbesserung der Gebrauchsfähigkeit eingesetzt wird, genügt in der Regel eine Probesäule.

Im Rahmen dieser Arbeiten sind folgende Herstellparameter festzulegen:

- Bindemittelart,
- 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),
- 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. Hier-von darf in besonderen Fällen abgewichen werden, wenn die Vergleichbarkeit bezüglich Boden, Suspension und Herstellparametern gegeben ist.

Von jeder Probesäule ist mindestens eine Serie von Probekörpern (4 Einzelproben) zu entnehmen und nach Abschnitt 3 auszuwerten. Der Bemessungswert  $f_{m,d}$  der Druckfestig-keit muss mindestens den im Entwurf vorgegebenen Wert erreichen.

## 2.2 Herstellung

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

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

Der DS-Körper ist - beginnend vom Bohrlochtiefsten - von unten nach oben herzustellen.

Während der Herstellung der DS-Körper 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 ge-währleistet wird. Der Rücklauf erfolgt entweder über den Ringraum zwischen Bohrgestän-ge und Bohrloch oder über gesonderte Entlastungsbohrungen.

Durch Anwendung des Verfahrens 5 können zur Herstellung der DS-Körper kohäsive Böden ( $G\bar{U}$ ,  $G\bar{T}$ ,  $S\bar{T}$  und UL, UM, TL, TM gemäß DIN 18196:1988-10<sup>2</sup>) über die gesam-te Tiefe mit Wasser oder Bindemittelsuspension mit oder ohne Luftummantelung aufge-



schnitten werden. 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 Verfahren 1 eingedüst werden.

In oberflächennahen Bereichen mit geringer Auflast und in der Nähe von Bauwerken sind die Herstellparameter (s. Abschnitt 2.1.3) so festzulegen, dass keine schädlichen Bauwerksbewegungen auftreten können.

Eine Unterbrechung der Herstellung eines DS-Körpers ist zulässig, wenn der restliche Teil des Elementes vor Beginn des Abbindevorganges fertig gestellt wird und der Düsenträger mindestens 0,5 m in den bereits hergestellten Teil wieder eintaucht.

Bei Anwendung des "Düsenstrahlverfahrens Kagel (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-Körper sich ausreichend überlappen.

## 2.3 Bestätigung der ausführenden Firma und baustelleneigene Produktionskontrolle

### 2.3.1 Bestätigung der ausführenden Firma

Von der ausführenden Firma ist schriftlich zu bestätigen, dass die Ausführung den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entspricht. Diese Bestätigung ist dem Bauherrn zu übergeben.

Der DS-Körper nach dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung wird ausschließlich vor Ort im anstehenden Baugrund hergestellt.

### 2.3.2 Baustelleneigene Produktionskontrolle

Auf jeder Baustelle ist eine baustelleneigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter baustelleneigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Bauprodukte den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Die baustelleneigene Produktionskontrolle soll mindestens die in Tabelle 2 aufgeführten Maßnahmen einschließen.

**Tabelle 2:** Maßnahmen der baustelleneigenen Produktionskontrolle

Gegenstand der Prüfung	Art der Anforderungen	Häufigkeit
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
Ausgangssuspension	Dichtemessung	jeweils mindestens 3mal täglich
Herstellparameter	Abschnitt 2.1.3	jeder DS-Körper
Bohrtiefe	Abschnitt 2.2	jeder DS-Körper
DS-Festigkeit	Druckfestigkeit (Abschnitt 3)	Abschnitt 3
Kriechverhalten	Abschnitt 3.4	Abschnitt 3

Die Ergebnisse der baustelleneigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials und der Bestandteile,
- Art der Kontrolle oder Prüfung,
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials oder der Bestandteile,



- Ergebnisse der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen,
- Unterschrift des für die baustelleneigene Produktionskontrolle Verantwortlichen.

Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Bauprodukte, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu kennzeichnen, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist – soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich – die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.

### 3 Bestimmungen für Entwurf und Bemessung

#### 3.1 Nachweis der Standsicherheit

Soweit nachstehend nichts anderes festgelegt ist, gilt DIN 4093:1987-09<sup>16</sup>, Abschnitt 9.

#### 3.2 Ermittlung des Bemessungswertes der Druckfestigkeit

##### 3.2.1 Allgemeines

Die Ermittlung des Bemessungswertes der Druckfestigkeit ist in Anlehnung an DIN 4093:1987-09<sup>16</sup>, Abschnitt 8.3.3.1.1 durchzuführen.

Die Ermittlung der Zylinderdruckfestigkeit erfolgt nach DIN 1048-2:1991-06<sup>17</sup>, Abschnitt 5.1.1, in Verbindung mit DIN 1048-5:1991-06<sup>18</sup>, Abschnitt 7.2.

Prüfkörper, die nach 28 Tagen eine Zylinderdruckfestigkeit von 5 N/mm<sup>2</sup> nicht erreichen, müssen nach DIN 18136:2003-11<sup>19</sup> geprüft werden.

Die 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.

##### 3.2.2 Bemessungswert der Festigkeit für eine Bemessung nach DIN 1054:2005-01<sup>20</sup>

Die Einzelwerte  $f_{m,i}$  der Zylinderdruckfestigkeiten der Serie bzw. Serien sind je Verfahren und Bodenart getrennt anzugeben; hieraus ist die charakteristische Zylinderdruckfestigkeit  $f_{m,k}$  zu berechnen.

$$f_{m,k} = \min \begin{cases} f_m \cdot 0,5 \\ f_{\min} \cdot 0,8 \end{cases}$$

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

$f_{\min}$  = Kleinstwert einer Serie

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

$$f_{m,d} = \frac{0,77 \cdot f_{m,k}}{\gamma_m} \leq 6,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$\gamma_m$ : Teilsicherheitsbeiwert des Verfestigungsmaterials

$\gamma_m = 1,5$  für Lastfall 1 und Lastfall 2 gemäß DIN 1054:2005-01



16	DIN 4093:1987-09	Baugrund; Einpressen in den Untergrund; Planung, Ausführung, Prüfung
17	DIN 1048-2:1991-06	Prüfverfahren für Beton; Festbeton in Bauwerken und Bauteilen
18	DIN 1048-5:1991-06	Prüfverfahren für Beton; Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper
19	DIN 18136:2003-11	Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Einaxialer Druckversuch
20	DIN 1054:2005-01	Baugrund; Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

$$\gamma_m = 1,3 \quad \text{für Lastfall 3 gemäß DIN 1054:2005-01}$$

Für die Nachweisführung bei Gründungen oder Stützbauwerken ist DIN 1054:2005-01<sup>20</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 1054:2005-01<sup>20</sup>, Abschnitt 4.2. Werden alle nachfolgenden Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt, darf die Geotechnische Kategorie 2 nach DIN 1054:2005-01<sup>20</sup>, Abschnitt 4.2, angesetzt werden:

- die Bodenverfestigung wird nicht allseitig freigelegt;
- die freistehende Düskörperhöhe bei Unterfangskörpern oder Wänden ist  $\leq 2$  m;
- die allseitig im Boden eingebettete Düskörperhöhe ist  $\leq 4$  m;
- es stehen gleichmäßige Bodenverhältnisse an (s. Abschnitt 1.2);
- es treten keine Beanspruchungen aus dynamischen Einwirkungen auf;
- Kriechverformungen können ausgeschlossen werden (s. Abschnitt 3.4).



Die charakteristischen Werte der Beanspruchungen sind sinngemäß nach dem Verfahren der DIN 4093:1987-09<sup>16</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 1054:2005-01<sup>20</sup> für den Grenzzustand GZ 1B zu ermitteln.

Es sind die Nachweise der Tragfähigkeit zu erbringen, 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 4093:1987-09<sup>16</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.

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 (s. Abschnitt 1.2). Fehlstellen im statisch erforderlichen Querschnitt sind fachgerecht zu plombieren.

Wird das "Düsenstrahlverfahren Kagel (HDI)" in bindigen Böden mit  $c_u \geq 20$  kN/m<sup>2</sup> oder in Böden mit schwach humosen bzw. organischen Beimengungen nach DIN 4022-1:1987-09<sup>6</sup>, Abschnitt 8.4, Tabelle 4, angewendet, ist die Anzahl der zu untersuchenden Probekörper zu verdoppeln.

Sofern das "Düsenstrahlverfahren Kagel (HDI)" lediglich zur Verbesserung der Gebrauchsfähigkeit eingesetzt wird, genügt zur Bestimmung der Druckfestigkeit in der Regel eine Serie von Probekörpern (4 Einzelproben) je 1000 m<sup>3</sup> DS-Körper.

### 3.4 Ermittlung des Kriechverhaltens

Das Kriechverhalten muss bei der Eignungsprüfung ermittelt werden, wenn im Einzelfall nachhaltige Verformungen infolge Kriechen nicht ausgeschlossen werden können.

Ob das Kriechverhalten untersucht werden muss, ist von einem Sachverständigen für Geotechnik festzulegen. (Anmerkung: In nichtbindigen Böden mit nur schwach humosen bzw. organischen Beimengungen – s. Abschnitt 1.2 – können Kriechverformungen ausgeschlossen werden. In bindigen Böden nach Abschnitt 5.2.3 der DIN 1054:2005-01<sup>20</sup> kön-

nen Kriechverformungen ausgeschlossen werden, wenn die nach Abschnitt 3.2.2 dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ermittelte mittlere Druckfestigkeit  $f_m$  nach 28 Tagen  $f_m \geq 5 \text{ N/mm}^2$  ist.)

Die Kriechversuche sind, falls notwendig, in Anlehnung an DIN 4093:1987-09<sup>16</sup>, Abschnitte 8.3.3.2.1, 8.3.3.2.3 und 8.3.3.2.5 durchzuführen. Der Kriechversuch ist bei einem Probestück zu beginnen, welches maximal der Zeit zwischen Herstellung und Belastung des DS-Körpers entspricht. 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 4093:1987-09<sup>16</sup>) eingehalten wird.

## 4 Bestimmungen für die Ausführung

### 4.1 Ausführende Firma

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

### 4.2 Geräte

Für die Ausführung gelten folgende Gerätekonfigurationen:

#### 4.2.1 Bohrergerät

Zum Herstellen der DS-Körper 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 (Erosionssicherheit, keine Tagbrüche) ankommt (s. Abschnitt 2.2), ist der Nachweis zu erbringen, dass die erreichbare Bohrgenauigkeit ausreicht. Hierzu können zusätzlich zu Vermessungszwecken Prüfbohrungen eingesetzt werden.

Henning

