

# DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

Anstalt des öffentlichen Rechts

10829 Berlin, 6. Februar 2003  
Kolonnenstraße 30 L  
Telefon: (0 30) 7 87 30 - 317  
Telefax: (0 30) 7 87 30 - 320  
GeschZ.: II 31-1.34.13-207/01

## Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

**Zulassungsnummer:**

Z-34.13-207

**Antragsteller:**

VSL (Schweiz) AG  
Industriestrasse 14  
4553 Subingen  
SCHWEIZ

VSL Systems GmbH  
An der Wuhlheide 240-244  
12459 Berlin

**Zulassungsgegenstand:**

Bodenvernagelung System "VSL"

**Geltungsdauer bis:**

15. Februar 2008

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.  
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst elf Seiten und vier Anlagen.

## 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 Zulassungsgegenstands haben, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", dem Verwender bzw. Anwender des Zulassungsgegenstands 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 Allgemeines

Gegenstand der folgenden Zulassung ist die Bodenvernagelung System "VSL". Die Vernagelung der Bodenkörper muss in der auf den Anlagen dargestellten Weise aus Bodennägeln und einer Außenhaut unter Beachtung der nachfolgenden Bestimmungen hergestellt werden. Sie ist eine Maßnahme, die Zug- und Scherfestigkeit des Bodens soweit zu erhöhen, dass der vernagelte Bodenkörper als monolithischer Block betrachtet und nachgewiesen werden kann. Die Außenhaut braucht unterhalb der Baugrubensohle nicht eingebunden zu werden. Die Mindestlänge der Bodennägel ergibt sich aus dem Standsicherheitsnachweis nach Abschnitt 3. Der maximale Nagelabstand beträgt 1,5 m in horizontaler und vertikaler Richtung; er darf nur überschritten werden, wenn ein räumlicher Standsicherheitsnachweis geführt wird.

#### 1.2 Anwendungsbereich

##### 1.2.1 Baumaßnahmen

Die Bodenvernagelung kann zur Sicherung von Geländesprüngen, z.B. Baugrubenwände und Hanganschnitte, zur Sicherung bestehender Böschungen und zur Stabilisierung belasteter Erdkörper bei Unterfangungsarbeiten mit beliebiger Wandneigung angewendet werden. Dabei ist zwischen vorübergehendem ( $\leq 2$  Jahre) und dauerndem ( $> 2$  Jahre) Einsatz zu unterscheiden.

##### 1.2.2 Bodenarten

Die Bodenvernagelung kann in nichtbindigen und bindigen Böden nach DIN 1054 angewendet werden, im Fels dann, wenn sich der Fels erdstatisch wie Lockergestein verhält. Die Bodenvernagelung darf nicht ausgeführt werden, wenn im Boden oder im Grundwasser Stoffe enthalten sind, die Beton angreifen (vgl. DIN 4030). Wenn der Sulfatgehalt im Boden oder Grundwasser schwach angreifend nach DIN 4030-1:1991-06 – Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte –, Tabellen 4 und 5, ist, können die Bodennägel eingebaut werden, sofern zur Herstellung ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand nach DIN 1164 verwendet wird.

#### 1.3 Baugrunderkundung

In Anlehnung an DIN 1054 sind die für Stützbauwerke erforderlichen Baugrunduntersuchungen unter der Leitung eines in Bodenmechanik und Grundbau erfahrenen Sachverständigen durchzuführen und auszuwerten. Dabei ist auch zu prüfen, ob der anstehende Boden in der vorgesehenen Abbautiefe vorübergehend standfest ist. Der Boden darf auch nicht ausbrechen, wenn die Außenhaut im Spritzbetonverfahren hergestellt wird.

### 2 Bestimmungen für das Bauprodukt

#### 2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

##### 2.1.1 Stahlzugglied

Es ist allgemein bauaufsichtlich zugelassener Betonstabstahl mit Gewinderippen BSt 500 S, Nenndurchmesser: 16 mm, 20 mm, 25 mm, 28 mm und 32 mm (Z-1.1-58) bzw. 40 mm und 50 mm (Z-1.1-106) zu verwenden.

## 2.1.2 Korrosionsschutz und Herstellung des für den Einbau und das Verpressen vorgefertigten Bodennagels

### 2.1.2.1 Vorübergehender Einsatz (Kurzzeitbodennagel)

Für den vorübergehenden Einsatz der Bodennägel sollen die Betonstabstähle mit Gewinderippen mit einer Zementsteindicke von 20 mm umgeben sein; die Mindestüberdeckung muss  $\geq 15$  mm betragen. Hierfür ist der Betonstabstahl mit Gewinderippen mit Abstandhaltern nach Anlage 2 oder 3 zu versehen, deren Abstand  $\leq 2$  m sein muss.

### 2.1.2.2 Dauernder Einsatz (Dauerbodennagel)

Der Korrosionsschutz von Dauerbodennägeln ist in einem Werk aufzubringen. Der Betonstabstahl mit Gewinderippen ist auf annähernd der gesamten Länge (vgl. Anlage 3) mit einem gerippten Kunststoffhüllrohr zu überziehen; als Kunststoffe sind PVC-U nach DIN EN ISO 1163-1, aus Polyethylen mit einer Formmasse nach DIN EN ISO 1872-1 - PE, E, 45 - T022 oder aus Polypropylen mit einer Formmasse nach DIN EN ISO 1873-1 - PP - B, EAGC, 10-16-003 oder nach DIN EN ISO 1873-1 - PP - H, E, 06-35-012/022 zu verwenden. Es ist darauf zu achten, dass nur gerade Rohre, die auch in diesem Zustand angeliefert werden, verwendet werden. Das Hüllrohr muss eine gleichmäßige Wanddicke  $\geq 1$  mm haben; es dürfen nur Rohre verwendet werden, die keine Blaseneinschlüsse aufweisen und deren Pigmentverteilung gleichmäßig ist. Die Abmessungen der Hüllrohre sind in der Anlage 3 angegeben.

Die einzelnen Schüsse der PVC-U-Hüllrohre sind erforderlichenfalls miteinander zu verschrauben und mit einem Kunststoffklebeband abzudichten. Als PE- oder PP-Hüllrohre sind durchgehende Rohre zu verwenden. Am erdseitigen Ende ist das Hüllrohr mit einer Injektionskappe zu verschließen. Der Ringraum zwischen Betonstabstahl mit Gewinderippen und Hüllrohr ist bei schräggeneigtem Nagel von unten nach oben mit Zementmörtel nach DIN EN 447 zu verpressen. Zusätzlich sind DIN EN 445 und DIN EN 446 zu beachten. Die Einhaltung des Abstandes  $\geq 5$  mm zwischen Betonstabstahl mit Gewinderippen und Hüllrohr ist durch Abstandhalter, die alle 1,3 m anzuordnen sind, sicherzustellen. Anstelle der Abstandhalter kann eine Rundstahlwendel  $\varnothing 5$  mm oder eine Kunststoffwendel  $\varnothing 6$  mm aus PE oder PVC, Ganghöhe 0,5 m, verwendet werden.

Das zementmörtelverfüllte Hüllrohr muss den Betonstabstahl mit Gewinderippen soweit umschließen, dass es in den Bereich der Außenhaut hineinreicht.

Die Hüllrohre müssen im Bohrloch durch Abstandhalter zentriert werden und von mindestens 10 mm Zementmörtel überdeckt werden (s. Anlage 3).

### 2.1.3 Luftseitige Verankerung

Die Betonstabstähle mit Gewinderippen sind durch Verankerungen gemäß den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für geschraubte Muffenverbindungen und Verankerungen von Betonstabstahl mit Gewinderippen BSt 500 S (Zulassungsnummern Z-1.5-173 und Z-1.5-174) zu verankern. Wenn von den dortigen Festlegungen abgewichen wird, z.B. hinsichtlich der Zusatzbewehrung, ist die Tragfähigkeit der Ankerplatten nachzuweisen, dies gilt dann auch für die Einleitung der Kräfte in die Außenhaut. Die Weiterleitung der Kräfte in der Außenhaut (z.B. Spaltzugkräfte) ist in jedem Einzelfall nachzuweisen (siehe hierzu auch Abschnitt 3.4). Ungekonterte Verankerungen dürfen nur bei vorwiegend ruhender Belastung angewendet werden.

Die Betonstabstähle mit Gewinderippen können auch durch Kalottenmuttern gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-1.5-174 und balligen Ankerplatten gemäß der Anlage 4 verankert werden. Die Weiterleitung der Kräfte in der Außenhaut (z.B. Spaltzugkräfte) ist in jedem Einzelfall nachzuweisen (siehe hierzu auch Abschnitt 3.4). Diese Form der Verankerung darf nur bei vorwiegend ruhender Belastung entsprechend DIN 1055-3 – Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten – verwendet werden.

#### 2.1.4 Stoßausbildung

Die Betonstabstähle mit Gewinderippen dürfen durch Muffen entsprechend den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für geschraubte Muffenverbindungen und Verankerungen von Betonstabstahl mit Gewinderippen BSt 500 S, Nenndurchmesser 16 mm, 20 mm, 25 mm, 28 mm und 32 mm (Zulassung Nr. Z-1.5-174) sowie Nenndurchmesser 40 mm und 50 mm (Zulassung Nr. Z-1.5-173) gestoßen werden (siehe auch Anlage 2 und Anlage 3 sowie Abschnitt 4.6).

Die Muffen sind durch Muttern zu kontern.

Auf die Kontermuttern kann bei vorwiegend ruhender Belastung verzichtet werden, wenn entsprechend Anlage 3 ein Schrumpfschlauch angeordnet wird.

## 2.2 Lagerung, Transport und Kennzeichnung

### 2.2.1 Lagerung und Transport

Die Dauerbodennägel dürfen erst nach dem Erhärten des Zementmörtels von der Montagebank abgehoben werden. Der Transport und die Lagerung der korrosionsgeschützten Bodennägel müssen so erfolgen, dass die Hüllrohre nicht verletzt werden können (z.B. parallele Lagerung in Spundwandprofilen o.ä.).

### 2.2.2 Kennzeichnung

Der Lieferschein des für den Einbau und das Verpressen vorgefertigten Bodennagels muss vom Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3 erfüllt sind.

Aus dem Lieferschein muss u.a. hervorgehen, für welche Bodennägel die Teile bestimmt sind und von welchem Werk sie hergestellt wurden. Mit einem Lieferschein dürfen nur Teile für einen zu benennenden Bodennageltyp geliefert werden.

## 2.3 Übereinstimmungsnachweis

### 2.3.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Bodennagelkomponenten und der für den Einbau und das Verpressen vorgefertigten Bodennagelkonstruktion mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einem Übereinstimmungszertifikat auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer regelmäßigen Fremdüberwachung einschließlich einer Erstprüfung nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikats und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfung hat der Hersteller der Bodennagelkomponenten und der vorgefertigten Bodennagelkonstruktion eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikats zur Kenntnis zu geben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist zusätzlich eine Kopie des Erstprüfberichtes zur Kenntnis zu geben.

### 2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener 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 Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauproduktes bzw. des Ausgangsmaterials und der Bestandteile
- Art der Kontrolle oder Prüfung
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Bauproduktes bzw. des Ausgangsmaterials oder der Bestandteile
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen

Die Aufzeichnungen sind mindestens 5 Jahre aufzubewahren und der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Überwachungsstelle vorzulegen. 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 handhaben, 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.

Die werkseigene Produktionskontrolle soll mindestens die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen einschließen.

#### 2.3.2.1 Betonstabstähle mit Gewinderippen, Verankerungsteile und Teile für Muffenstöße

Es dürfen nur Betonstabstähle mit Gewinderippen, Verankerungsteile und Teile für Muffenstöße (s. Angaben im Abschnitt 2.1.4) verwendet werden, für die entsprechend den zugehörigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ein Übereinstimmungsnachweis geführt wurde.

Die dort getroffenen Festlegungen zur Eingangskontrolle sind zu beachten.

#### 2.3.2.2 Schrumpfschläuche

Die Materialeigenschaften der Schrumpfschläuche und des Klebers sind mit einer Werksbescheinigung "2.1" nach DIN EN 10 204 zu bestätigen. Je Los (100 Stück) sind am Ausgangsmaterial die Wanddicken an 3 Stellen zu messen und der Kleberauftrag zu bestimmen. Die Entscheidung, ob das Los angenommen oder zurückgewiesen wird, ist nach Abschnitt 2.3.2.4 zu treffen.

#### 2.3.2.3 Korrosionsschutz der Dauerbodennägel

##### 2.3.2.3.1 Hüllrohre

Die Zusammensetzung der Formmasse ist mit einer Werksbescheinigung "2.1" nach DIN EN 10 204 zu bestätigen. Je Los (100 Rohre) ist ein Hüllrohr zu entnehmen, an diesem sind die Wanddicken jeweils an einer Innen- und Außenrippe und an der Flanke der Rohre zu messen. Die Entscheidung, ob das Los angenommen oder zurückgewiesen wird, ist nach Abschnitt 2.3.2.4 zu treffen.

##### 2.3.2.3.2 Injektionskappen

Die Materialeigenschaften und Abmessungen müssen den beim Deutschen Institut für Bautechnik und der fremdüberwachenden Stelle hinterlegten Angaben entsprechen. Die Werte sind durch eine Werksbescheinigung "2.1" nach DIN EN 10 204 zu bestätigen.

##### 2.3.2.3.3 Zementmörtel innerhalb der Hüllrohre

Für den Zementmörtel sind Prüfungen entsprechend DIN EN 447 durchzuführen. Zusätzlich sind DIN EN 445 und DIN EN 446 zu beachten.

##### 2.3.2.3.4 Herstellen des Korrosionsschutzes

Die im Werk nach Abschnitt 2.1.2 zu ergreifenden Korrosionsschutzmaßnahmen sind an jedem Bodennagel durch Augenschein zu überprüfen (statistische Auswertung nicht erforderlich).

#### 2.3.2.4 Prüfplan

Sofern jeder einzelne Messwert gleich oder größer dem geforderten Mindestwert ist, so ist das Los anzunehmen. Anderenfalls können weitere Proben entnommen werden. An diesen Proben sind dieselben Messungen wie an der ersten Probe durchzuführen. Die Messergebnisse sind mit den vorangegangenen Messungen zusammenzufassen. Aus allen Werten sind der Mittelwert  $\bar{x}$  und die Standardabweichung  $s$  zu bilden. Ist nunmehr die daraus zu bildende Prüfgröße (Zahlenwert)

$z = \bar{x} - 1,64 s$  gleich oder größer als der geforderte Mindestwert, so ist das Los anzunehmen, anderenfalls zurückzuweisen.

#### 2.3.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens jedoch zweimal jährlich.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung durchzuführen. Es sind Proben für Stichprobenprüfungen zu entnehmen und die Prüfwerkzeuge zu kontrollieren. Die Probenahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Überwachungsstelle.

Die Ergebnisse der Zertifizierung und Fremdüberwachung sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind von der Zertifizierungsstelle bzw. der Überwachungsstelle dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

### 3 Bestimmungen für Entwurf und Bemessung

#### 3.1 Allgemeines

Für den Entwurf und die Bemessung von Bauwerken unter Verwendung der Bodennägel gelten die folgenden Bestimmungen.

#### 3.2 Innere und äußere Standsicherheit des vernagelten Bodenkörpers

Es sind folgende Standsicherheitsuntersuchungen durchzuführen:

- Gleitsicherheit innerhalb und unterhalb des vernagelten Bodenkörpers nach DIN 1054 (siehe Bild 1, Anlage 1),
- Der Nachweis, dass die aus ständigen Lasten resultierende Kraft die Sohlfläche im Kern schneidet (Kippsicherheit; siehe Bild 1, Anlage 1),
- Grundbruchsicherheit (siehe Bild 1, Anlage 1): der Nachweis ist anhand von DIN 4017 zu führen,
- Gleitkörperuntersuchungen (siehe Bild 2, Anlage 1).

Die ungünstigste Lage der Gleitlinie ist abweichend von DIN 4084 durch Variation des Winkels  $\vartheta$  zu bestimmen. In den zu variierenden Gleitkörpern sind einwirkende Lasten aus Erddruck, Gewicht des vernagelten Bodenkörpers und äußere Lasten anzusetzen. Diesen Lasten wirken widerstehende Kräfte aus Reibung und Kohäsion in der Gleitlinie sowie Rückhaltekräfte der außerhalb des Gleitkörpers liegenden Nagelabschnitte entgegen (vgl. Abschnitt 3.3).

Aus der Gegenüberstellung der widerstehenden und der einwirkenden Lasten muss eine Sicherheit von

$$\eta \geq 2,0 \text{ (Lastfall 1)}$$

$$\eta \geq 1,5 \text{ (Lastfall 2)}$$

vorhanden sein.

Erfolgt der Nachweis nach der Fellenius-Regel

$$\eta_r = \frac{\tan \alpha_{\text{erf}}}{\tan \alpha_{\text{cal}}}$$

so beträgt die Sicherheit

$$\eta_r \geq 1,4 \text{ (Lastfall 1)}$$

$$\eta_r \geq 1,3 \text{ (Lastfall 2).}$$

Diese Untersuchungen sind zu führen für

- die für die Standsicherheit maßgebenden Bauzustände mit den Sicherheitsanforderungen des Lastfalles 2
- den Endzustand bezüglich der Sohlfuge (bzw. für von der Sohlfuge ausgehende Gleitkörper) und bezüglich der für die Standsicherheit maßgebenden Zwischenfugen (bzw. von solchen ausgehenden Gleitkörpern) mit den Sicherheitsanforderungen des Lastfalles 1.

Darüber hinaus sind für tiefergelegene Fugen die Nachweise der

- Gleitsicherheit nach DIN 1054 und
- Geländebruchsicherheit nach DIN 4084

zu führen, wenn der Boden unterhalb des vernagelten Bodenkörpers geringere Scherfestigkeiten aufweist. Diese Nachweise sind ggf. auch für Bauzustände zu führen.

### 3.3 Nachweis der Nägel

Für die Bemessungen der Nägel ist der Nachweis maßgebend, der die größten Nagelasten ergibt.

Dazu sind folgende Untersuchungen durchzuführen:

- Lastanteile in den Nägeln aufgrund der Gleitkörperuntersuchungen für End- oder Bauzustände (siehe Abschnitt 3.2)
- Lastanteile in den Nägeln aus dem Erddruck auf die Außenhaut (siehe Abschnitt 3.4)

Es ist nachzuweisen, dass die Spannung im Betonstabstahl mit Gewinderippen  $\beta_s/1,75$  nicht überschreitet, und dass die Lasten vom Nagel in den Boden mit der 2,0fachen Sicherheit übertragen werden können (siehe Abschnitt 4.7).

Bei nicht vorwiegend ruhender Belastung entsprechend DIN 1055-3 – Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten – ist nachzuweisen, dass die zulässige Schwingbreite des Stahlzuggliedes bzw. der Muffenstöße und Verankerungen nicht überschritten wird. Die zulässigen Schwingbreiten sind den entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für den Betonstabstahl mit Gewinderippen BSt 500 S (Z-1.1-58 und Z-1.1-106) bzw. für die geschraubten Muffenverbindungen und Verankerungen von Betonstabstahl mit Gewinderippen BSt 500 S (Z-1.5-173, Z-1.5-174) zu entnehmen (siehe auch Abschnitt 2.1.3).

### 3.4 Außenhaut

Der von dem vernagelten Bodenkörper auf die Außenhaut einwirkende Erddruck darf mit dem 0,85fachen Wert des aktiven Erddrucks nach Coulomb, jedoch ohne Ansatz der Kohäsion, angenommen werden. Der Erddruck darf als rechteckförmig verteilt angesetzt werden. Auch dann, wenn der Boden geschichtet ist, darf der gesamte Erddruck umgelagert werden. Erddrücke aus örtlichen Auflasten und Lasten aus Verpressankern dürfen nicht abgemindert werden. Der Wandreibungswinkel ist mit  $\delta = 0$  anzusetzen.

Die Außenhaut ist nach DIN 1045 zu bemessen. Im Bereich der Nagelköpfe ist der Nachweis gegen Durchstanzen und der Teilflächenpressung nach DIN 1045 zu führen.

### 3.5 Verformungen

Bei Versuchen mit dieser Bauart sind unter Eigengewicht Horizontalverschiebungen von 2 ‰ bis 4 ‰ der Wandhöhe gemessen worden.

Dabei betragen die Nagellängen das 0,5- bis 0,7fache der Wandhöhe. Müssen die Verformungen eingeschränkt werden, sind die Sicherheiten nach Abschnitt 3.2 zu erhöhen.

## 4 Bestimmungen für die Ausführung

### 4.1 Allgemeines

Über die mit Dauerbodennägeln gesicherten Bauten ist von dem Antragsteller eine Liste zu führen, aus der das Bauwerk, die Art und die Anzahl der Bodennägel hervorgeht.

### 4.2 Bohrarbeiten

Die Bohrlöcher sind verrohrt herzustellen, es sei denn, es wird auf der Baustelle nachgewiesen, dass die unverrohrt hergestellten Bohrlöcher standfest sind und auch beim Setzen der Bodennägel im Bohrloch kein Bodenmaterial nachbricht. Der Mindestbohrlochdurchmesser ergibt sich nach Abschnitt 2.1.2.1 bzw. 2.1.2.2 und ist in Anlage 2 bzw. 3 angegeben; die Bohrlöcher sind mit einer Mindestneigung von 10° zur Horizontalen herzustellen.

### 4.3 Zementmörtel für die Verfüllung der Bohrlöcher

#### 4.3.1 Zusammensetzung

Die Ausgangsstoffe für den Zementmörtel sind Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164:2000-11 und die nachfolgend in der Tabelle 1 aufgeführten Normalzemente nach DIN EN 197-1:2001-02, Wasser nach DIN EN 447, sowie gegebenenfalls Zusatzmittel mit entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und Betonzuschläge mit höchstens 4 mm Korndurchmesser nach DIN 4226-1. Der Wasserzementwert muss zwischen 0,35 und 0,50 liegen und soll besonders in bindigen Böden möglichst niedrig gewählt werden. Der Zementmörtel muss maschinell gemischt werden. Bis zum Verfüllen dürfen keine Entmischungen und Klumpenbildungen auftreten.

Tabelle 1: Normalzemente nach DIN EN 197-1:2001-02

Hauptzementart	Bezeichnung der Normalzementart	
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

#### 4.3.2 Verfüllen der Bohrlöcher

Die Bohrlöcher sind vom erdseitigen Ende her mit Zementmörtel über die Bohrröhre oder über Verpressschläuche zu verfüllen. Nachverpressungen sind zulässig. Nach dem Abbinden oder dem völligen Aushärten der Erstverpressung bzw. -verfüllung können weitere Verpressungen mit Zementmörtel durchgeführt werden. Hierzu ist der Bodennagel bereits vor dem Einbau mit einem mit Ventilen versehenen Injektionsrohr auszustatten (siehe Anlage 2 oder 3). Das Aufsprengen des abgebundenen Zementmörtels kann mit Hilfe von Wasser erfolgen; die Nachverpressung ist jedoch mit Zementmörtel entsprechend Abschnitt 4.3.1 durchzuführen.

#### 4.4 Außenhaut

Abgeschachtete Bereiche sind durch die Außenhaut unverzüglich zu sichern. Bei sich stark entspannenden Böden und/oder bei Baumaßnahmen, bei denen die Verformungen klein gehalten werden müssen, sind ggf. vor dem Aushub vorausseilende Wandsicherungen (z.B. Pfähle, Vorinjektionen) anzuordnen.

Die Außenhaut kann aus Spritzbeton oder Betonfertigteilen bestehen. Spritzbeton muss mindestens der Festigkeitsklasse eines C25/30 entsprechen. Für die Herstellung und Prüfung gilt DIN 18 551.

Es ist für eine ausreichende Drainage zu sorgen, damit hinter der Außenhaut kein Wasserdruck entsteht.

#### 4.5 Verankerung der Bodennägel an der Außenhaut

Zur Verankerung der Bodennägel an der Außenhaut sind die Ankerplatten (s. Abschnitt 2.1.3) in frischem Spritzbeton oder in einem Mörtelbett senkrecht zum Zugglied zu verlegen. Bei Verwendung von balligen Ankerplatten mit Kalottenmuttern ist ein Winkelausgleich zur Zuggliedachse von  $\pm 15^\circ$  möglich. Das Bohrloch muss bis zur Wandvorderkante verfüllt werden; der durch die Schräglage des Nagels verbleibende Hohlraum ist mit Spritzbeton aufzufüllen. Nach dem Erhärten der Spritzbetonschale sind die Muttern handfest anzuziehen. Bei Dauerbodenvernagelungen muss über den Nagelköpfen eine Spritzbetonschicht von mindestens 5 cm aufgetragen werden, die mit Betonstahlmatten N 94 zu bewehren ist. Besteht die Außenhaut aus Fertigteilen, sind die Nagelköpfe gleichwertig zu schützen.

#### 4.6 Stoßausbildung

Der Abstand der Stoßstellen muss  $\geq 1$  m betragen. Die Muffen sind stets gemäß Anlage 2 oder 3 zu sichern. Bei Dauerbodennägeln sind die freien Stabenden sowie das Innengewinde der Muffen so mit einer Beschichtung mit Denso-Jet oder Vaseline Cox GX zu versehen, dass nach dem Zusammenbau der Innenraum der Muffe vollständig ausgefüllt ist. Der Hohlraum zwischen Mörtelsäule und Muffenstoß ist an beiden Seiten des Stoßes vor dem Aufbringen des Schrumpfschlauches mit einem Kunststoffdichtband "Densoplast Petrolatumbänder" nach DIN 30 672 vollständig auszufüllen. Das Petrolatum ist durch Erwärmung anzuschmelzen. Die Koppelstelle ist dann durch einen Schrumpfschlauch nach DIN 30 672 entsprechend Anlage 3 zu schützen. Die Schrumpfschläuche müssen im geschrumpften Zustand eine Mindestwanddicke von 1,5 mm aufweisen. Die Schrumpfschläuche sind durch Heißluft, Infrarotbestrahlung oder durch die weiche Flamme eines Gasbrenners aufzuschrumpfen.

#### 4.7 Prüfungen

##### 4.7.1 Probelastungen

Die in der Statik angenommene rechnerische Gebrauchslast  $F_w$  des Bodennagels ist durch Probelastungen zu kontrollieren. Die Probelastungen sind mindestens an 3 % aller Nägel bzw. an 3 Nägeln je Bodenart durchzuführen. Bei Baumaßnahmen mit

weniger als 100 Nägeln sind mindestens 5 % der Nägel, mindestens jedoch 3 Nägel, einer Probelastung zu unterwerfen.

Bei der Probelastung ist eine Zugkraft am Nagelkopf in Schritten von 20 kN bis zur maximalen Prüflast, der 2,0fachen Gebrauchslast  $F_w$  aufzubringen. Würden dabei die Spannungen in den für den vernagelten Bodenkörper vorgesehenen Betonstabstählen mit Gewinderippen den Wert von  $0,9 \beta_s$  überschreiten, sind für die Probelastungen Nägel höherer Tragfähigkeit, aber mit gleichen Verbundeigenschaften gegenüber dem Boden einzusetzen. Während der konstant zu haltenden Prüflast sind die Verschiebungen nach 1, 2, 5, 10 und 15 Minuten abzulesen. Die Beobachtungszeit ist zu verlängern, wenn zwischen 5 und 15 Minuten die Verschiebung  $\Delta s > 0,5$  mm ist. In diesen Fällen ist die Beobachtung solange fortzusetzen, bis im Bereich eines Zeitintervalls von  $t_1$  bis  $t_2 = 10 t_1$   $\Delta s \leq 1,0$  mm ist. Sofern bei allen geprüften Nägeln eine der Bedingungen erfüllt ist, ist der Nachweis der ausreichenden Tragfähigkeit im Boden erbracht. Während der Probelastung ist darauf zu achten, dass der Nagel sich nicht auf die Außenhaut abstützt.

#### 4.7.2 Gruppenwirkung

Beträgt der Abstand der Nägel weniger als ca. 0,8 m, ist die gegenseitige Beeinflussung durch eine Gruppenbelastung zu überprüfen. Dabei sind mindestens 4 unmittelbar benachbarte Nägel unter Last zu setzen.

## 5 Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt, Wartung

### 5.1 Nachprüfung

Wenn an das Bauwerk besondere Ansprüche hinsichtlich der Verformungen zu stellen sind, sind Nachprüfungen - Verformungsmessungen - nach Erstellung der Bodenvernagelung durchzuführen. Die Notwendigkeit ist an der Art des Bauwerks und/oder des anstehenden Bodens unter Berücksichtigung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung zu ermitteln. Die Entscheidung über Notwendigkeit und Umfang, zeitliche Abstände und Dauer der Verformungsmessungen sind aufgrund der Entwurfsdaten im Einvernehmen mit dem eingeschalteten, in Grundbau und Bodenmechanik erfahrenen Sachverständigen zu treffen.

Balmer

Beglaubigt