

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

Anstalt des öffentlichen Rechts

10829 Berlin, 21. April 2004
Kolonnenstraße 30 L
Telefon: 030 78730-317
Telefax: 030 78730-320
GeschZ.: II 32-1.34.13-4/03

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Zulassungsnummer:

Z-34.13-208

Antragsteller:

DYWIDAG-Systems International GmbH
Dywidagstrasse 1
85609 Aschheim

Zulassungsgegenstand:

Bodenvernagelung System DYWIDAG mit Hohlstäben Typ R32N

Geltungsdauer bis:

30. April 2009

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

Gegenstand der folgenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist die Bodenvernagelung System "DYWIDAG" mit Hohlstäben vom Typ R32N. 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 System "DYWIDAG" mit Hohlstäben vom Typ R32N gilt für vorübergehenden (≤ 2 Jahre) Einsatz und kann zur Sicherung von Geländesprüngen, z.B. Baugrubenwänden und Hanganschnitten, und zur Stabilisierung belasteter Erdkörper bei Unterfangungsarbeiten mit beliebiger Wandneigung angewendet werden.

1.2.2 Bodenarten

Die Bodenvernagelung kann in nichtbindigen und bindigen Böden gemäß DIN 1054: 2003-01, Abschnitte 5.2.2 und 5.2.3, 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 nach DIN 4030-1: 1991-06 - Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte -, Tabellen 4 und 5, schwach angreifend ist, können die Bodennägel eingebaut werden, sofern zur Herstellung ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand verwendet wird.

1.3 Baugrunderkundung

In Anlehnung an DIN 1054 sind die für Stützbauwerke erforderlichen Baugrunduntersuchungen unter der Leitung eines Sachverständigen für Erd- und Grundbau 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

Für das Stahlzugglied sind maximal 3,0 m lange, nahtlose Rohre aus Stahl 28Mn6 nach DIN EN 10 083-1 zu verwenden, auf die ein durchgehendes Linksgewinde nach ISO 10 208 kalt aufgerollt ist (s. Anlage 2).

Die Zugglieder dürfen nicht geschweißt werden.

Das Stahlrohr dient auch als Bohrstange beim Herstellen der Bohrlöcher.

2.1.2 Korrosionsschutz und Herstellung des Bodennagels

Die Stahlzugglieder sollen mit einer Zementsteindicke von 20 mm umgeben sein; die Mindestüberdeckung muss ≥ 15 mm betragen. Hierfür sind die Stahlzugglieder mit Abstandhaltern nach Anlage 4 zu versehen, deren Abstand ≤ 3 m sein muss.

2.1.3 Luftseitige Verankerung

Die Stahlzugglieder sind durch Muttern aus Stahlguss GS-34 CrMo 4 (DIN 17 205) nach Anlage 4 und Platten aus S235 (DIN EN 10 025) nach Anlage 5 zu verankern. Das Zugglied ist in jeder Richtung senkrecht zu seiner Achse zu verankern. Falls aufgrund des Bauablaufs kleine Bohr- oder andere Bauabweichungen zu erwarten sind, sind die Kalottenplatten gemäß Anlage 5 zu verwenden. Die Weiterleitung der Kräfte in der Außenhaut (z.B. Spaltzugkräfte) ist in jedem Einzelfall nachzuweisen (siehe hierzu auch Abschnitt 3.4).

Die im Abschnitt 3.5 angegebenen Werte für den Schlupf an der Endverankerung und die Eindrückung der Kalottenplatte sind zu beachten.

2.1.4 Stoßausbildung

Die Stahlzugglieder sind durch Kopplungsmuffen aus Stahl 28Mn6 (DIN EN 10 083-1) nach Anlage 4 zu stoßen. Stahlzugglied und Kopplungsmuffe sind mit einem Kontermoment von 300 Nm bis 500 Nm gegeneinander zu verspannen (siehe Abschnitt 4.6).

Die im Abschnitt 3.5 angegebenen Werte für den Schlupf je Kopplungsstelle sind zu beachten.

2.1.5 Abstandhalter

Im Bereich jeder Kopplungsmuffe ist ein Abstandhalter aus Stahlguss GS-34 CrMo 4 gemäß DIN 17 205 oder alternativ aus Gusseisen EN-GJS-500-7 gemäß DIN EN 1563 nach Anlagen 3 und 4 anzuordnen.

2.2 Lagerung, Transport und Kennzeichnung

2.2.1 Lagerung und Transport

Die Stahlzugglieder sind trocken zu lagern und zu transportieren. Sie sind vor Beschädigungen, Verschmutzung und Feuchtigkeit zu schützen. Sie müssen sauber und frei von schädigendem Rost sein. Stahlzugglieder mit leichtem Flugrost dürfen verwendet werden. Der Begriff "leichter Flugrost" gilt für einen gleichmäßigen Rostansatz, der noch nicht zur Bildung von mit bloßem Auge erkennbaren Korrosionsnarben geführt hat und der im Allgemeinen durch Abwischen mit einem trockenen Lappen entfernt werden kann. Die Transportmittel und Lagerräume für die Stahlzugglieder müssen frei sein von Stoffen, die eine Korrosion hervorrufen oder begünstigen können (z.B. Chloriden, Nitraten, Säuren, usw.).

Beschädigte Stahlzugglieder dürfen nicht verwendet werden.

2.2.2 Kennzeichnung

Der Lieferschein der für den Einbau und das Verpressen vorgesehenen Nagelkomponenten 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.

2.3 Übereinstimmungsnachweis

2.3.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Nagelkomponenten 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 Produktprüfungen hat der Hersteller der Nagelkomponenten 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.

Bei der Überwachung sind die beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Verfahrensanweisungen zu beachten.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens die folgenden 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,
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen,
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen.

Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf 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 Stahlzugglied

Der Nachweis bedingungsgemäßer Eigenschaften des für die Zuggliedfertigung eingesetzten Stahlrohres aus Stahl 28Mn6, Werkstoffnummer 1.1170, nach DIN EN 10 083-1 ist durch ein Abnahmeprüfzeugnis "3.1.B" nach DIN EN 10 204:1995-08 zu führen.

Neben den nachstehenden Prüfungen sind vom Antragsteller stichprobenartig die Werkstoffeigenschaften des Ausgangsmaterials zu kontrollieren.

Nach dem Aufrollen des Gewindes sind vom Antragsteller je Fertigungslos folgende Prüfungen durchzuführen:

Als Fertigungslos sind die Stahlzugglieder zu betrachten, die aus einer Schmelze und auf einer Gewinderollmaschine in höchstens einer Kalenderwoche hergestellt werden. Das Gewicht eines Loses darf nicht mehr als 10 t betragen. Aus jedem Los ist mindestens eine Zugprobe zufällig zu entnehmen und zu prüfen.

An der Zugprobe sind zu ermitteln: Das auf die Länge bezogene Gewicht, die Gewinde-Geometrie nach ISO 10 208, die 0,2 %-Dehngrenze, die Zugfestigkeit und die Dehnung bei Höchstlast (A_{gt}).

Die Gewindeabmessungen sind des Weiteren während des Gewinderollens, z.B. mit Gewindelehren, an jedem Stahlzugglied zu kontrollieren.

2.3.2.2 Verankerungsmuttern, Kopplungsmuffen und Auflagerplatten

Die Verankerungsmuttern, Kopplungsmuffen und Auflagerplatten sind mit dem Zeichen des Herstellers zu versehen. Die werkseigene Produktionskontrolle ist im jeweiligen Herstellwerk durchzuführen.

2.3.2.2.1 Verankerungsmuttern

Es sind mindestens die folgenden Prüfungen durchzuführen:

- Schmelzenanalyse, gemäß der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten chemischen Zusammensetzung.
- Ein Zugversuch an einer Mutter mit einem Stahlzugglied je Wärmebehandlungslos. Der Versuch ist bestanden, wenn entweder das Stahlzugglied außerhalb der Verankerung und ihrer Einflusszone bricht, oder die Bruchkraft der Verankerung mindestens gleich der Nennbruchkraft des Stahlzuggliedes ist.
- Aus jedem Wärmebehandlungslos sind 1 % aller Muttern, jedoch mindestens 10 Muttern, zufällig zu entnehmen. An diesen Muttern sind die Abmessungen einschließlich der Gewindeabmessungen zu kontrollieren. Wird eine Mutter mit Abmessungen außerhalb des zulässigen Toleranzbereiches gefunden, sind alle Muttern des Wärmebehandlungsloses hinsichtlich der Abmessungen zu kontrollieren.
- An 0,5 % aller Muttern, mindestens jedoch 5 Muttern pro Wärmebehandlungslos, ist die Brinellhärte zu bestimmen. Wird eine Mutter mit nicht bedingungsgemäßer Brinellhärte gefunden, ist das Wärmebehandlungslos zu sperren und die Ursache der nicht bedingungsgemäßen Brinellhärte zu klären. Die Freigabe des Wärmebehandlungsloses darf nur durch den Leiter der Qualitätsstelle erfolgen.
- Alle Muttern sind nach Augenschein auf äußerlich sichtbare Fehler zu prüfen.

2.3.2.2.2 Kopplungsmuffen

Der Nachweis der Materialeigenschaften des Vormaterials ist durch ein Abnahmeprüfzeugnis "3.1.B" nach DIN EN 10 204:1995-08 zu führen.

Die Prüfung hat nach Schmelzen getrennt zu erfolgen. Es sind vom Antragsteller die folgenden Prüfungen durchzuführen:

- An 1 % aller Muffen, jedoch mindestens an 10 Muffen je Schmelze, sind die Abmessungen einschließlich der Gewindeabmessungen zu kontrollieren. Wird eine Muffe mit Abmessungen außerhalb des zulässigen Toleranzbereiches gefunden, sind alle Muffen der Schmelze hinsichtlich der Abmessungen zu kontrollieren.
- Alle Muffen sind nach Augenschein auf äußerlich sichtbare Fehler zu prüfen.
- Je 2000 Muffen, jedoch mindestens an 2 Muffen je Schmelze, ist durch einen Zugversuch an einer Muffenverbindung aus 2 Zugglied-Abschnitten und einer Muffe die Tragfähigkeit der Muffenverbindung zu prüfen.

Der Versuch ist bestanden, wenn entweder ein Stahlzugglied außerhalb der Muffenverbindung und ihrer Einflusszone bricht, oder wenn die Bruchkraft der Muffenverbindung mindestens gleich der Nennbruchkraft des Stahlzugglieds ist.

2.3.2.2.3 Auflagerplatten

Der Nachweis der Materialeigenschaften des Vormaterials ist durch ein Abnahmeprüfzeugnis "3.1.B" nach DIN EN 10 204:1995-08 zu führen.

An 1 % aller Platten, jedoch mindestens an 10 Platten jeder Charge, sind die Abmessungen zu kontrollieren.

Wird eine Platte mit Abmessungen außerhalb des zulässigen Toleranzbereiches gefunden, sind alle Platten der Charge hinsichtlich der Abmessungen zu kontrollieren.

Darüber hinaus ist jede Auflagerplatte mit Hilfe einer Ja/Nein-Prüfung auf grobe Fehler nach Augenschein zu überprüfen (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

2.3.2.3 Abstandhalter

Aus jedem Los sind 1 % aller Abstandhalter, jedoch mindestens 10 Abstandhalter, zufällig zu entnehmen. An diesen Abstandhaltern sind die Abmessungen nach Anlage 4 zu kontrollieren (hierüber sind keine Aufzeichnungen erforderlich).

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 des Bauprodukts durchzuführen. Es sind auch Proben für Stichprobenprüfungen zu entnehmen und die Prüfwerkzeuge zu kontrollieren. Die Probenahmen und die Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Überwachungsstelle.

Die Ergebnisse der Zertifizierung und der 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 ϑ 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

$$\eta_r = \frac{\tan cal\varphi}{\tan erf\varphi}$$

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 Bemessung 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 eine Nagelkraft von 131 kN (= Last an der Streckgrenze/1,75) nicht überschritten wird, und dass die Lasten vom Nagel in den Boden mit der 2,0fachen Sicherheit übertragen werden können (siehe Abschnitt 4.7).

Es ist von folgenden Werten auszugehen:

- Last an der Streckgrenze: 230 kN
- Bruchlast: 280 kN

Bei der Ermittlung der Nagelkräfte ist nachzuweisen, dass die Änderung der Kraft im Stahlzugglied aus häufig sich wiederholenden Verkehrslasten (auch Wind) auf Grund der Dauerschwingfestigkeit der luftseitigen Verankerung und der Stöße im Stahlzugglied den Wert 22 kN nicht überschreitet.

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.

Außerdem sind an den Kopplungsstellen bzw. Endverankerungen der Bodennägel die folgenden, auf der sicheren Seite liegenden Verformungswerte, zu berücksichtigen:

- Schlupf 0,5 mm je Kopplungsstelle bzw. Endverankerung,
- Eindrückung der Kalottenplatte 5 mm.

(Diese Werte gelten jeweils für die zulässige Nagelkraft von 131 kN.)

4 Bestimmungen für die Ausführung

4.1 Allgemeines

Der Einbau der Bodennägel darf nur unter verantwortlicher technischer Leitung der Firma DYWIDAG-Systems International GmbH erfolgen. Der Einbau der Bodennägel darf aber auch von Unternehmen durchgeführt werden, die eine Bescheinigung der Firma DYWIDAG-Systems International GmbH vorlegen können, dass sie von ihr umfassend in der Herstellung der Bodennägel gemäß dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geschult worden sind. Von der ausführenden Firma ist eine Erklärung abzugeben, dass die von ihr hergestellte Bodenvernagelung System "DYWIDAG" mit Hohlstäben Typ R32N den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entspricht.

4.2 Bohrarbeiten

Die Bohrlöcher werden ohne Verrohrung mit einer verlorenen Bohrkronen, die auf das Stahlzugglied aufgeschraubt wird, hergestellt (siehe auch Anlage 3). Als Spül- und Stützflüssigkeit ist eine Wasser-Zement-Suspension mit einem w/z-Wert von 0,7 zu verwenden. Die Wasser-Zement-Suspension ist durch das Stahlzugglied (Stahlrohr) hindurch in das Bohrloch einzuleiten. Während des Bohrens muss die Spül- und Stützflüssigkeit am Bohrlochmund austreten.

Wenn die Solltiefe erreicht ist, ist nach Abschnitt 4.3.2 zu verfahren.

Die Bohrlöcher sind mit einer Mindestneigung von 10° zur Horizontalen herzustellen.

Für das maximale Drehmoment beim Bohren, den maximalen Schlagimpuls und die zugehörige maximale Schlagenergie sind in Abhängigkeit vom verwendeten Bohrgerät die folgenden Grenzwerte einzuhalten:

- Bei einem maximalen Drehmoment von 280 Nm darf ein maximaler Schlagimpuls von 45 kg m/s mit einer maximalen Schlagenergie von 220 J aufgebracht werden.
- Bei einem maximalen Drehmoment von 500 Nm darf ein maximaler Schlagimpuls von 40 kg m/s mit einer maximalen Schlagenergie von 170 J aufgebracht werden.

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 allgemein bauaufsichtlich zugelassene Zusatzmittel 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

Bezeichnung der Normalzementart	
Portlandzement	CEM I
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)
Hochofenzement	CEM III/A
	CEM III/B

4.3.2 Verfüllen der Bohrlöcher

Nach Erreichen der Solltiefe (siehe Abschnitt 4.2) muss das Verpressen mit einem Verpressmörtel (nach Abschnitt 4.3.1) so lange erfolgen, bis das Verpressgut die Stützflüssigkeit verdrängt hat und am Bohrlochmund austritt.

Während des Verfüllens darf der Vorratsbehälter für die Zementsuspension nicht leer gepumpt werden, damit keine Luft in den Verpresskörper eingebracht wird.

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 Auflagerplatten (siehe Abschnitt 2.1.3) in frischem Spritzbeton oder in einem Mörtelbett senkrecht zum Zugglied zu verlegen. 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.

4.6 Stoßausbildung

Der Abstand der Stoßstellen untereinander muss mindestens 1 m betragen. Um eine ausreichende Selbsthemmung zwischen dem Stahlzugglied und der Kopplungsmuffe zu erreichen, sind die Enden des Stahlzuggliedes beim Koppeln mit einem Drehmoment von mindestens 300 Nm gegeneinander zu verspannen. Hierzu ist ein geeichter Drehmomentenschlüssel zu verwenden. Das Drehmoment darf auch durch das Drehwerk des Bohrgerätes aufgebracht werden, wobei der bereits im Bohrloch befindliche Teil des Stahlzuggliedes durch die hydraulische Klemmvorrichtung an der Bohrlafette gehalten wird. Das Drehmoment ist in diesem Fall über den Arbeitsdruck des verwendeten Bohrhammers zu kontrollieren, es darf 500 Nm nicht überschreiten.

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 Kräfte in den für den vernagelten Bodenkörper vorgesehenen Stahlzuggliedern den Wert von 207 kN (= 90% der Last an der Streckgrenze) 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 und 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 Entscheidungen über die Notwendigkeit und den Umfang sowie die zeitlichen Abstände und die Dauer der Verformungsmessungen sind aufgrund der Entwurfsdaten im Einvernehmen mit dem eingeschalteten Sachverständigen für Erd- und Grundbau zu treffen.

Henning

Beglaubigt