

# Allgemeine Bauartgenehmigung

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:

01.11.2018

Geschäftszeichen:

I 62-1.34.13-9/18

**Nummer:**

**Z-34.13-208**

**Antragsteller:**

**DYWIDAG-Systems International GmbH**

Destouchesstraße 68

80796 München

**Geltungsdauer**

vom: **14. August 2018**

bis: **14. August 2023**

**Gegenstand dieses Bescheides:**

**Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDrill**

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich genehmigt.  
Dieser Bescheid umfasst 13 Seiten und zwei Anlagen.

DIBt

## I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen Bauartgenehmigung ist die Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weitergehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller im Genehmigungsverfahren zum Regelungsgegenstand gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Genehmigungsgrundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.
- 8 Die von diesem Bescheid umfasste allgemeine Bauartgenehmigung gilt zugleich als allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart.

## II BESONDERE BESTIMMUNGEN

### 1 Regelungsgegenstand und Anwendungsbereich

#### 1.1 Regelungsgegenstand

(1) Gegenstand der allgemeinen Bauartgenehmigung ist die Planung, Bemessung und Ausführung von Bodenvernagelungen, bestehend aus

- Stahlzuggliedern System DYWIDrill (Hohlstäbe, Nenndurchmesser 32 mm, 38 mm und 51 mm) mit Verbindungen und Verankerungen gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-14.4-674 und einer 20 mm (bzw. mindestens 15 mm im Bereich der Muffen) dicken Zementmörtelüberdeckung der Stahlzugglieder und
- einer Außenhaut aus Spritzbeton oder Betonfertigteilen.

(2) Die Hohlstäbe dienen als Bohrgestänge beim Herstellen der Bohrlöcher und werden durch Muffen gestoßen, um die erforderliche Bodennagellänge zu erreichen.

(3) Die Vernagelung der Bodenkörper muss in der auf der Anlage 1 dargestellten Weise 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.

#### 1.2 Anwendungsbereich

##### 1.2.1 Baumaßnahmen

Die Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDrill gilt für vorübergehenden ( $\leq 2$  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 oder bindigen Böden (vgl. DIN EN 1997-1<sup>1</sup> in Verbindung mit DIN EN 1997-1/NA<sup>2</sup> und DIN 1054<sup>3</sup>, Abschnitt 3.1) angewendet werden. Die Bodenvernagelung darf nicht ausgeführt werden, wenn im Boden oder im Grundwasser Stoffe enthalten sind, die Beton angreifen (vgl. DIN 4030-1<sup>4</sup>). Wenn der Sulfatgehalt im Boden oder Grundwasser nach DIN 4030-1<sup>4</sup>, Tabelle 4, schwach angreifend (XA1) ist, können die Bodennägel eingebaut werden, sofern zur Herstellung ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) nach DIN 1164-10<sup>5</sup> verwendet wird.

1	DIN EN 1997-1:2009-09	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009
2	DIN EN 1997-1/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
3	DIN 1054:2010-12	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
	DIN 1054/A1:2012-08	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1:2010; Änderung A1:2012
	DIN 1054/A2:2015-11	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1:2010; Änderung A2:2015
4	DIN 4030-1:2008-06	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
5	DIN 1164-10:2013-03	Zement mit besonderen Eigenschaften - Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften

## 2 Bestimmungen für Planung und Bemessung

### 2.1 Planung

#### 2.1.1 Baugrunderkundung

In Anlehnung an DIN EN 1997-1<sup>1</sup> in Verbindung mit DIN EN 1997-1/NA<sup>2</sup> und DIN 1054<sup>3</sup> sind die für Stützbauwerke erforderlichen geotechnischen Untersuchungen unter der Leitung eines Sachverständigen für Geotechnik 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.

#### 2.1.2 Bodenvernagelung

- (1) Der maximale Nagelabstand beträgt 1,5 m in horizontaler und vertikaler Richtung; er darf nur überschritten werden, wenn ein räumlicher Standsicherheitsnachweis geführt wird.
- (2) Die Außenhaut braucht unterhalb der Baugrubensohle nicht eingebunden zu werden.

### 2.2 Bemessung

#### 2.2.1 Allgemeines

- (1) Für den Entwurf und die Bemessung von vernagelten Stützkonstruktionen gelten die Technischen Baubestimmungen, insbesondere DIN EN 1997-1<sup>1</sup>, DIN EN 1997-1/NA<sup>2</sup> und DIN 1054<sup>3</sup>, soweit im Folgenden nichts anderes bestimmt ist.
- (2) Vernagelte Stützkonstruktionen sind mindestens in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Es ist anhand von DIN 1054<sup>3</sup>, Abschnitt A 9.1.3 A (4) zu überprüfen, ob Kriterien vorliegen, die eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie GK 3 erfordern.
- (3) Die für den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu erbringenden Nachweise sowie die zugehörigen Grenzzustände und Nachweisverfahren sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Nachweise sind sowohl für den Endzustand als auch für maßgebende (Zwischen-) Bauzustände zu führen.

**Tabelle 1:** Übersicht der Tragfähigkeitsnachweise für vernagelte Stützkonstruktionen

	Nachweis	Grenzzustand/ Nachweisverfahren	Abschnitt in	
			DIN EN 1997-1 <sup>1</sup>	DIN 1054 <sup>3</sup>
vernagelte Stütz- konstruk- tion	Grundbruch	GEO-2	6.5.2	6.5.2
	Gleiten	GEO-2	6.5.3	6.5.3
	Stark exzentrische Belastung	GEO-2	6.5.4	6.5.4
	Gesamtstand- sicherheit	GEO-3	11.5.1	11.5.1
Nägel	Materialversagen	STR		
	Herausziehen	GEO-3		A 11.5.4.2
Außenhaut	Teilflächenbelas- tung, Durchstanzen etc.			A 11.5.4.1
Anmerkung: Die Teilsicherheitsbeiwerte sind DIN 1054 <sup>3</sup> , Tabellen A 2.1 bis A 2.3 zu entnehmen.				

## 2.2.2 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die vernagelte Stützkonstruktion

Für die Berechnung einer vernagelten Stützkonstruktion ist eine rechnerische Rückwand durch das Ende der Nägel anzunehmen. Für die geometrisch so definierte Gewichtsstützwand aus einem quasi-monolithischen vernagelten Bodenkörper sind nachzuweisen:

- (a) Grundbruchsicherheit,
- (b) Gleitsicherheit,
- (c) Sicherheit gegen Gleichgewichtsverlust infolge stark exzentrischer Belastung,
- (d) Gesamtstandsicherheit.

Anmerkung 1: Aufgrund von Vergleichsrechnungen sind die Nachweise (a) bis (c) bei bis zu 5 m hohen Nagelwänden immer dann entbehrlich, wenn  $l_N \geq 0,6 \cdot h$  (Nagellänge  $l_N$ ; Wandhöhe  $h$ ) gilt und die Bodenverhältnisse nach unten nicht ungünstiger werden.

Anmerkung 2: Ein expliziter Nachweis für den Grenzzustand EQU gemäß DIN 1054<sup>3</sup>, Abschnitt Zu 6.5.4 A (3) braucht nicht geführt zu werden. Ausreichende Sicherheit gegen Gleichgewichtsverlust infolge stark exzentrischer Belastung ist gegeben, wenn die Bedingungen für die Lage der Sohldruckresultierenden gemäß DIN 1054<sup>3</sup>, Abschnitt A 6.6.5 eingehalten werden (siehe Abschnitt 2.2.6 dieses Bescheides).

## 2.2.3 Nachweis der Nägel

Nach DIN 1054<sup>3</sup> ist eine ausreichende Sicherheit gegen Materialversagen und Herausziehen eines Bodennagels nachzuweisen.

### 2.2.3.1 Bemessungsbeanspruchung der Nägel

Die Bemessungsbeanspruchung für die Nägel ist nach DIN 1054<sup>3</sup>, Abschnitt A 11.5.4.1 zu ermitteln

- (a) aus dem Bemessungserddruck und der dem jeweiligen Element zugeordneten Fläche der Oberflächensicherung für den Grenzzustand GEO-2,
- (b) aus dem Defizit des Kräfte- bzw. Momentengleichgewichts an Gleitkörpern, die von Bruchmechanismen mit geraden bzw. gekrümmten Gleitflächen begrenzt sind, wobei die zu variierenden Gleitflächen einen Teil der Sicherungselemente schneiden. Der Nachweis erfolgt nach DIN 4084<sup>6</sup> für den Grenzzustand GEO-3.

Der größere Wert der Bemessungsbeanspruchung ist maßgebend.

#### 2.2.3.1.1 Zu (a) – Bemessungsbeanspruchung $E_{E,d}$ aus Erddruck

(1) Die Bemessungseinwirkung auf die Oberflächensicherung der Stützkonstruktion ist im Grenzzustand GEO-2 aus dem charakteristischen aktiven Erddruck gemäß DIN 1054<sup>3</sup> und DIN 4085<sup>7</sup> ggf. unter Berücksichtigung des Mindesterddrucks zu ermitteln, wobei die Erddruckneigung parallel zur Neigung der Bodennägel anzunehmen ist.

Anmerkung: Da die Spritzbetonhaut keine Kräfte in den Untergrund abträgt, muss der Erddruck zur Erfüllung des Kräftegleichgewichts in Richtung der Bodennägel wirken. Diese müssen jedoch nicht notwendigerweise senkrecht zur Außenhaut sein.

6  
7

DIN 4084:2009-01  
DIN 4085:2011-05

Baugrund – Geländebruchberechnungen  
Baugrund – Berechnung des Erddrucks

(2) Die Erddruckverteilung für den Anteil aus ständigen Einwirkungen kann aufgrund der stattfindenden Umlagerungen gleichförmig angenommen werden. Die Ordinate der Rechteckfigur beträgt dann:

$$e_{ag,k}(z) = e_{ag,k} = E_{ag,k} \cdot \cos(\alpha) / h = \text{konstant} \quad (2.1)$$

mit  $\alpha$  = Wandneigungswinkel (gemäß DIN 4085<sup>7</sup>)  
h = Wandhöhe

(3) Dieser Erddruck aus ständigen Einwirkungen auf die Spritzbetonhaut darf zusätzlich um 15 % abgemindert werden.

$$\text{red } e_{ag,k} = 0,85 \cdot e_{ag,k} \quad (2.2)$$

(4) Der Erddruck aus veränderlichen Einwirkungen ist nach DIN 4085<sup>7</sup> anzusetzen und darf nicht abgemindert werden. Damit ergibt sich die resultierende Bemessungsbeanspruchung aus Erddruck zu:

$$e_{a,d}(z) = \text{red } e_{ag,k} \cdot \gamma_G + e_{ap,k}(z) \cdot \gamma_Q \quad [\text{kN/m}^2] \quad (2.3)$$

mit  $\gamma_G, \gamma_Q$  = Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIN 1054<sup>3</sup>, Tabelle A 2.1 für den Grenzzustand GEO-2

(5) Für einen Nagel in der Tiefe  $z_i$  ergibt sich die Bemessungsbeanspruchung somit zu:

$$E_{E,d} = e_{a,d} \cdot \Delta F \quad [\text{kN}] \quad (2.4)$$

mit  $\Delta F = s_h \cdot s_v / \cos(\alpha)$   
 $s_h$  = horizontaler Nagelabstand  
 $s_v$  = vertikaler Nagelabstand

Anmerkung: Alle vorgenannten Größen beziehen sich auf den Einflussbereich des betrachteten Nagels  $i$  in der Tiefe  $z_i$ . Die zugehörige Fläche der Oberflächensicherung kann für Nägel in Randbereichen (z. B. oberste oder unterste Nagellage) von denen der übrigen Nägel verschieden sein.

(6) Die maßgebliche Bemessungsbeanspruchung  $E_{E,d}$  für den Tragfähigkeitsnachweis gemäß Abschnitt 2.2.3.3 dieses Bescheides ist das Maximum aus allen so ermittelten Nagelkräften.

#### 2.2.3.1.2 Zu (b) – Bemessungsbeanspruchung $E_{N,d}$ aus Kräfte- oder Momentengleichgewicht

(1) Zur Ermittlung der Bemessungsbeanspruchung aus dem Kräfte- oder Momentengleichgewicht ist der Nachweis der Geländebruchsicherheit nach DIN 4084<sup>6</sup> zu führen, wobei die zu variierenden Gleitflächen sämtliche oder einen Teil der Nägel schneiden. Dabei darf die über Mantelreibung eingeleitete Kraft pro Meter Nagellänge entlang der Kräfteinleitungsstrecke konstant und für alle Nägel gleich angenommen werden. Die Kraft eines Nagels  $F_{Ni,d}$  im Verankerungsbereich ergibt sich dann zu:

$$F_{Ni,d} = T_{m,d} \cdot l_{r,i} \quad [\text{kN}] \quad (2.5)$$

mit:  $T_{m,d}$  = rechnerisch für die Erreichung des Grenzgleichgewichts erforderliche mittlere Axialkraft pro laufenden Meter Nagel außerhalb der Gleitfuge, also im „passiven“ bzw. ruhenden Bodenbereich

$l_{r,i}$  = Nagelrestlänge außerhalb der Gleitfuge in der  $i$ -ten Nagellage

(2) Der unsicherste Bruchmechanismus ist derjenige, bei dem  $T_{m,d}$  zum Maximum wird.

(3) Die maßgebliche Bemessungsbeanspruchung für einen Nagel aus dem Kräfte- oder Momentengleichgewicht ergibt sich für den Nagel mit der größten Restlänge  $l_{r,max}$  außerhalb der Gleitfuge :

$$E_{N,d} = T_{m,d} \cdot l_{r,max} \quad [\text{kN}] \quad (2.6)$$

mit  $l_{r,max}$  = größte Nagelrestlänge außerhalb der Gleitfuge

(4) Ist gemäß DIN 1054<sup>3</sup>, Abschnitt A 11.5.4.1 A (5) für die Bemessungsbeanspruchung eines Nagels das Defizit des Kräfte- oder Momentengleichgewichtes maßgebend, so ist die diesem Nagel zugeordnete Fläche der Oberflächensicherung  $\Delta F$  mit einem entsprechend höheren Bemessungserddruck zu belasten. Dieser ergibt sich, indem die rechnerisch erforderliche Bemessungsnagelkraft  $E_{N,d}$  durch die dem Nagel zugewiesene Fläche der Oberflächensicherung dividiert wird. Insbesondere in den unteren Nagellagen wird dies oft maßgebend.

### 2.2.3.2 Bemessungswiderstände der Nägel

#### 2.2.3.2.1 Herausziehwiderstand $R_{A,d}$

(1) Der längenbezogene charakteristische Herausziehwiderstand eines Bodennagels  $T_{Pm,k}$  muss durch Herausziehversuche in-situ ermittelt werden (Prüfungen gemäß Abschnitt 3.7 dieses Bescheides). Der Bemessungswert des längenbezogenen Herausziehwiderstands  $T_{Pm,d}$  ergibt sich aus dem charakteristischen Wert zu:

$$T_{Pm,d} = T_{Pm,k} / \gamma_a \quad [\text{kN/m}] \quad (2.7)$$

mit  $\gamma_a$  = Teilsicherheitsbeiwert gemäß DIN 1054<sup>3</sup>, Tabelle A 2.3 für den Grenzzustand GEO-3

(2) Der Bemessungswert für den größten Herausziehwiderstand eines Einzelnagels ergibt sich dann zu:

$$R_{A,d} = T_{Pm,d} \cdot l_{r,max} \quad [\text{kN}] \quad (2.8)$$

(3) Die mittlere Axialkraft pro laufenden Meter Nagel  $T_{Pm,d}$  ist über die Tiefe  $t$  konstant anzusetzen. Im Fall  $t < 2,0$  m ist  $T_{Pm,d}$  um 50 % abzumindern.

#### 2.2.3.2.2 Materialwiderstand $R_{B,d}$

(1) Die charakteristische axiale Zugwiderstandskraft  $R_{B,k}$  des Bodennagels bei vorwiegend ruhenden Einwirkungen bestimmt sich zu:

$$R_{B,k} = F_{0,2,k} \quad (2.9)$$

mit  $F_{0,2,k}$  in Abhängigkeit vom Hohlstab-Typ gemäß des Bescheides Nr. Z-14.1-674

(2) Der Bemessungswert des Materialwiderstands ergibt sich dann zu:

$$R_{B,d} = R_{B,k} / \gamma_M \quad [\text{kN}] \quad (2.10)$$

mit  $\gamma_M = 1,15$

(3) Bei nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen ist zusätzlich ein Nachweis gegen Ermüdung nach dem Bescheid Nr. Z-14.1-674, Abschnitt 3.3.2, zu führen.

#### 2.2.3.3 Nachweis der Tragfähigkeit der Nägel

Die Tragfähigkeitsnachweise der Nägel sind für den

- (a) Herausziehwiderstand (Bodenwiderstand),
- (b) Materialwiderstand (Bauteilwiderstand)

zu führen. Es ist nachzuweisen:

$$R_{A,d} \text{ bzw. } R_{B,d} \geq \max \begin{cases} E_{E,d} \\ E_{N,d} \end{cases} \quad (2.11)$$

#### 2.2.4 Nachweis der Oberflächensicherung (Außenhaut)

(1) Die Außenhaut ist nach DIN EN 1992-1-1<sup>8</sup> in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA<sup>9</sup> zu bemessen. Im Bereich der Nagelköpfe sind die Nachweise gegen Durchstanzen und der Teilflächenbelastung gemäß DIN EN 1992-1-1<sup>8</sup> in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA<sup>9</sup> zu führen.

(2) Die maßgebliche Bemessungsbeanspruchung ergibt sich analog zu Abschnitt 2.2.3.1 dieses Bescheides entweder aus dem Erddruck oder aus dem Defizit des Kräfte- bzw. Momentengleichgewichts.

#### 2.2.5 Verformungen

(1) Sollen die Verformungen von vernagelten Wänden eingeschränkt werden, so kann im Fall ohne Bebauung oberhalb einer Wand nach DIN 4084<sup>6</sup>, Abschnitt 11, verfahren werden. Im Fall einer Bebauung oberhalb einer Wand ist das Bauvorhaben in die Geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen; DIN 1054<sup>3</sup> Abschnitt Zu 9.8 und Abschnitt Zu 11.6 sind zu beachten. Besondere Maßnahmen, wie z. B. der zusätzliche Einsatz von vorgespannten Ankern, können notwendig werden.

Anmerkung: Bei Versuchen mit vernagelten Wänden sind unter Eigengewicht Horizontalverschiebungen von bis zu 4 ‰ der Wandhöhe gemessen worden. Dabei betragen die Nagellängen das 0,5-bis 0,7-fache der Wandhöhe.

(2) 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

#### 2.2.6 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind die Anforderungen gemäß DIN 1054<sup>3</sup>, Abschnitt A 6.6.5, Abschnitt Zu 9.8 und Abschnitt Zu 11.6 zu beachten. Insbesondere sind zur Begrenzung der Verdrehung der Stützkonstruktion und einer klaffenden Fuge die Bedingungen hinsichtlich der Lage der Sohldruckresultierenden gemäß DIN 1054<sup>3</sup> Abschnitte A 6.6.5 A (2) und A (3) zu beachten.

### 3 Bestimmungen für die Ausführung

#### 3.1 Allgemeines

(1) Aus dem Lieferschein der Nagelkomponenten muss hervorgehen, für welche Bodennägel die Teile bestimmt sind. Mit einem Lieferschein dürfen nur Teile für einen zu benennenden Bodennägeltyp geliefert werden.

(2) Es sind die Festlegungen des Bescheides Z-14.4-674, Abschnitt 3.4, zur Ausführung zu beachten.

(3) Der Einbau der Bodennägel nach diesem Bescheid darf nur unter verantwortlicher technischer Leitung der Firma DYWIDAG-Systems International GmbH erfolgen.

(4) Der Einbau der Bodennägel darf 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 Bodenvernagelung gemäß dieser allgemeinen Bauartgenehmigung geschult worden sind.

<sup>8</sup> DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010

<sup>9</sup> DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

(5) Auf dem Stahlzugglied sind im Bereich jeder Muffe Abstandhalter anzubringen. Der maximale Abstand zwischen zwei Abstandhaltern darf 3 m nicht überschreiten (siehe Anlage 1).

### 3.2 Bohrarbeiten

(1) Die Bohrlöcher werden ohne Verrohrung mit einer verlorenen Bohrkronen, die auf das Stahlzugglied aufgeschraubt wird, hergestellt (siehe auch Anlage 1). Der Mindestbohrlochdurchmesser ergibt sich nach Wahl des Durchmessers des Stahlzugglieds zzgl. einer 20 mm dicken Zementmörtelüberdeckung; die Bohrlöcher sind mit einer Mindestneigung von 10° zur Horizontalen herzustellen. Die vom Antragsteller empfohlenen Werte für Schlagenergie und Drehmomente für den Einbau sind Anlage 2 zu entnehmen.

(2) Als Spül- und Stützflüssigkeit ist eine Wasser-Zement-Suspension mit einem w/z-Wert von 0,5 bis 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.

(3) Wenn die Solltiefe erreicht ist, ist nach Abschnitt 3.3.3 zu verfahren.

### 3.3 Zementmörtel für die Verfüllung der Bohrlöcher

#### 3.3.1 Zusammensetzung

(1) Als Ausgangsstoffe für den Zementmörtel sind Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164-10<sup>5</sup> und Zemente nach DIN EN 197-1<sup>10</sup> - unter Berücksichtigung der vorliegenden Expositionsklasse gemäß DIN EN 206-1<sup>11</sup> in Verbindung mit DIN 1045-2<sup>12</sup> (Tabellen 1, F.3.1 und F.3.2) -, Wasser nach DIN EN 1008<sup>13</sup> sowie gegebenenfalls Zusatzmittel nach DIN EN 934-2<sup>14</sup> in Verbindung mit DIN EN 206-1<sup>11</sup>/DIN 1045-2<sup>12</sup> oder mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung und natürliche Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620<sup>15</sup>, unter Berücksichtigung von DIN EN 206-1<sup>11</sup>/DIN 1045-2<sup>12</sup>, zu verwenden.

(2) Der Wasserzementwert muss zwischen 0,35 und 0,50 liegen und soll besonders in bindigen Böden möglichst niedrig gewählt werden.

(3) Der Zementmörtel muss maschinell gemischt werden. Bis zum Verfüllen dürfen keine Entmischungen und Klumpenbildungen auftreten.

#### 3.3.2 Druckfestigkeit

(1) Die Druckfestigkeit des Zementmörtels muss nach 28 Tagen mindestens der eines Betons der Festigkeitsklasse C25/30 entsprechen, sofern nicht anderweitig festgelegt.

(2) Für den Nachweis der Druckfestigkeit sind an mindestens zwei Serien von 3 Proben je 7 Herstellungstage, jedoch an mindestens zwei Serien von 3 Proben je Baustelle, Prüfungen nach DIN EN 12390-3<sup>16</sup> durchzuführen.

10	DIN EN 197-1:2011-11	Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2011
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 12620:2008-07	Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12620:2002+A1:2008
16	DIN EN 12390-3:2009-07	Prüfung von Festbeton - Teil 3 Druckfestigkeit von Probekörpern; Deutsche Fassung EN 12390-3:2009

### 3.3.3 Verfüllen der Bohrlöcher

Nach Erreichen der Solltiefe muss das Verpressen mit einem Zementmörtel nach den Abschnitten 3.3.1 und 3.3.2 durch die Hohlstäbe/Bohrkrone so lange erfolgen, bis das Verpressgut die Stützflüssigkeit vom erdseitigen Ende her verdrängt hat und am Bohrlochmund austritt.

### 3.4 Außenhaut

(1) 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.

(2) Die Außenhaut kann aus Spritzbeton oder Betonfertigteilen bestehen. Spritzbeton muss mindestens der Festigkeitsklasse eines Betons C 25/30 entsprechen. Für die Herstellung und Prüfung gelten DIN EN 14487-1<sup>17</sup> und DIN 18551<sup>18</sup>.

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

### 3.5 Verankerung der Bodennägel an der Außenhaut

(1) Die Stahlzugglieder sind durch Stahlmuttern oder Kugelbundmuttern und zugehörigen Verankerungsplatten gemäß dem Bescheid Nr. Z-14.4-674, Anlagen 6 und 8, in jeder Richtung senkrecht zu ihrer Achse zu verankern. Hierfür sind die Ankerplatten in frischem Spritzbeton oder in einem Mörtelbett senkrecht zum Zugglied zu verlegen. Falls aufgrund des Bauablaufs kleine Bohr- oder andere Bauabweichungen vorhanden sind, sind Kugelbundmuttern mit zugehörigen Verankerungsplatten zu verwenden.

(2) 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.

### 3.6 Stoßausbildung

Der Abstand erforderlicher Stoßstellen muss mindestens 1 m betragen; für die Herstellung von Stößen sind die Festlegungen des Bescheides Nr. Z-14.4-674 zu beachten.

### 3.7 Prüfungen

#### 3.7.1 Probelastungen

(1) Die in der Statik angenommene rechnerische Bemessungseinwirkung des Bodennagels ist durch Probelastungen zu kontrollieren. Die Probelastungen sind mindestens an 3 % aller Nägel bzw. mindestens an 3 Nägeln je Bodenart durchzuführen.

(2) Bei der Probelastung ist eine Zugkraft am Nagelkopf in Schritten von 20 kN bis zur maximalen Prüflast  $P_P$ , dem 1,40-fachen Bemessungswert der Nagelbeanspruchung, aufzubringen. Überschreitet dabei die Kraft in den für den vernagelten Bodenkörper vorgesehenen Hohlstäben den Wert von  $0,8 F_{t,k}$  bzw.  $0,95 F_{0,2,k}$  ( $F_{t,k}$  bzw.  $F_{0,2,k}$  siehe Bescheid Nr. Z-14.4-674), so 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  $t_2 = 10 t_1$   $\Delta s \leq 2,0$  mm ist. Sofern bei allen geprüften Nägeln

DIN EN 12390-3 Ber. 1:2011-11 Prüfung von Festbeton - Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern; Deutsche Fassung EN 12390-3:2009, Berichtigung zu DIN EN 12390-3:2009-07; Deutsche Fassung EN 12390-3:2009/AC:2011

<sup>17</sup> DIN EN 14487-1:2006-03 Spritzbeton-Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität; Deutsche Fassung EN 14487-1:2005

<sup>18</sup> DIN 18551:2010-02 Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen

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.

(3) Die Prüfung darf nur an Nägeln ab einer Grenztiefe  $t_g \geq 2,0$  m erfolgen. Die Länge der Verbundstrecke  $l_v$  des Prüfnagels ist so zu wählen, dass sie 70 % bis 90 % der Gesamtlänge des längsten Nagels entspricht. Die Länge der Verbundstrecke sollte in einer Versuchsserie nicht sehr unterschiedlich sein.

(4) Aufgrund der als gleichmäßig verteilt angenommenen Mantelreibung entlang der Verbundstrecke  $l_{v,i}$  (vergleiche Abschnitt 2.2.3) lässt sich aus der im Versuch  $i$  erzielten maximalen Prüflast  $P_{\max,i}$  die mittlere charakteristische axiale Nagelkraft pro laufenden Meter  $T_{Pm,i}$  errechnen:

$$T_{Pm,i} = \frac{P_{\max,i}}{l_{v,i}} \quad [\text{kN/m}] \quad (3.1)$$

(5) Hieraus ergibt sich der maßgebende längenbezogene charakteristische Herauszieh-  
widerstand  $T_{Pm,k}$  in Anlehnung an DIN EN 1997-1<sup>1</sup> 7.6.3.2 (5)P zu:

$$T_{Pm,k} = \text{MIN} \left( \frac{(T_{Pm,i})_{\text{mitt}}}{\xi_1}, \frac{(T_{Pm,i})_{\text{min}}}{\xi_2} \right) \quad [\text{kN/m}] \quad (3.2)$$

(6) Die Streuungsfaktoren  $\xi_1$  und  $\xi_2$  sind gemäß Tabelle 2 anzusetzen. Bei  $n \geq 8$  Versuchen darf der Kleinstwert bei der Ermittlung von  $(T_{Pm,i})_{\text{min}}$  unberücksichtigt bleiben, wenn dieser signifikant nach unten abweicht. Im Zweifelsfall ist zur Bewertung der Versuche ein Sachverständiger für Geotechnik hinzuzuziehen.

Tabelle 2: Streuungsfaktoren zur Ableitung charakteristischer Werte aus Nagelprobelastungen

n	3	4	5	6	$\geq 7$
$\xi_1$	1,35	1,25	1,15	1,05	1,00
$\xi_2$	1,35	1,15	1,00	1,00	1,00

n ist die Anzahl der probelasteten Nägel

### 3.7.2 Gruppenwirkung

Beträgt der Abstand der Nägel weniger als 0,8 m, ist die gegenseitige Beeinflussung durch eine Gruppenbelastung zu überprüfen. Die Anordnung des Prüffelds und die Mindestanzahl der zu prüfenden Nägel sind Bild 1 zu entnehmen.

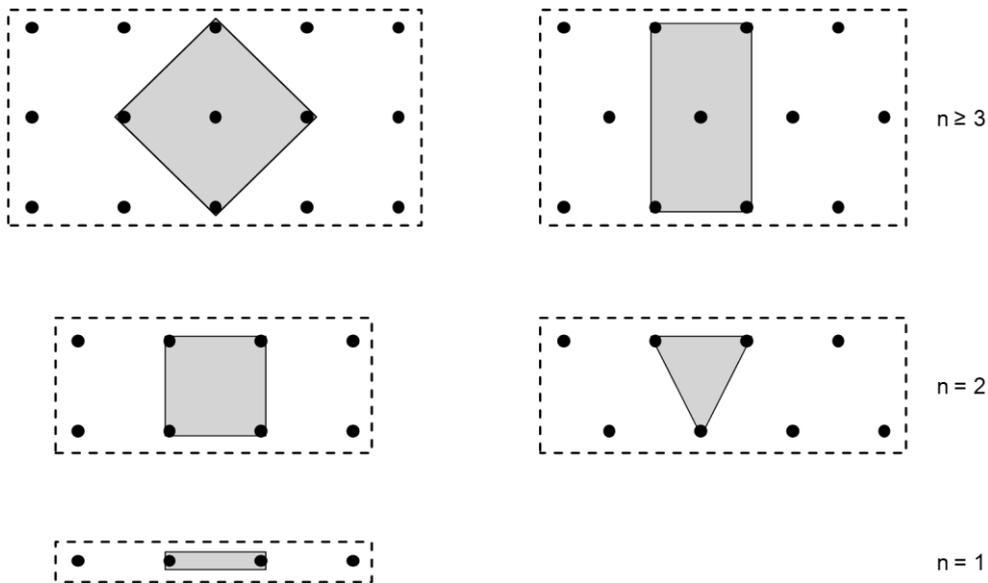


Bild 1: Anordnung des Prüffelds und Mindestanzahl der zu prüfenden Nägel bei Gruppenbelastungen in Abhängigkeit der Anzahl der Nagelreihen  $n$

### 3.8 Übereinstimmungserklärung des Bauausführenden

(1) Die Bestätigung der Übereinstimmung der Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDRILL mit den Bestimmungen dieser allgemeinen Bauartgenehmigung muss für jede Ausführung mit einer Übereinstimmungserklärung gemäß § 16a Abs. 5, MBO<sup>19</sup>, der ausführenden Firma erfolgen.

(2) Die Übereinstimmungserklärung des Bauausführenden muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Bescheidnummer
- 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

(3) Die Übereinstimmungserklärung ist dem Bauherrn zur Aufnahme in die Bauakte auszuhängen und dem Deutschen Institut für Bautechnik und der obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzuzeigen.

<sup>19</sup>

Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016

#### 4 Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung

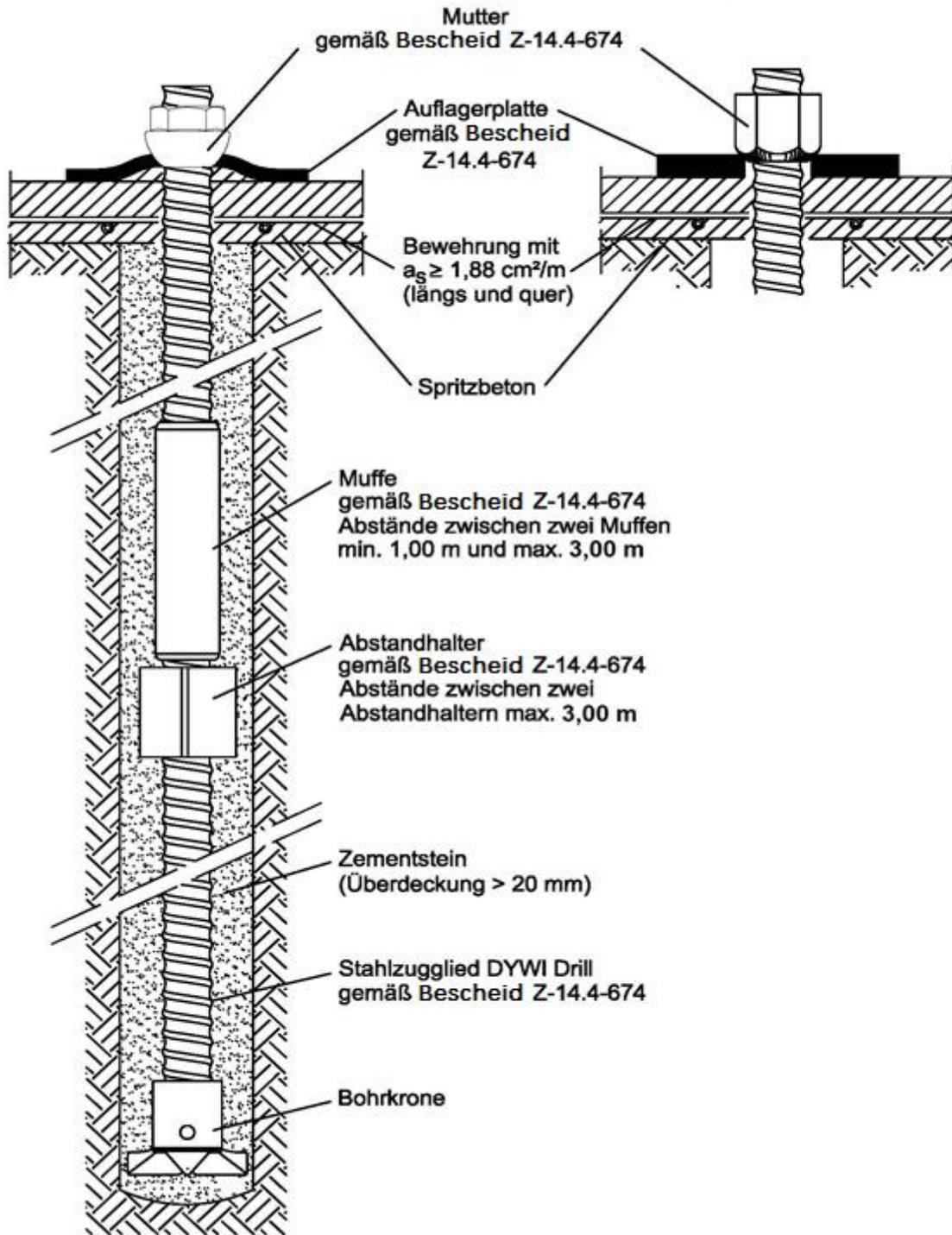
Wenn an das Bauwerk besondere Ansprüche hinsichtlich der Verformungen zu stellen sind, sind Nachprüfungen - Verformungsmessungen - nach Erstellung der Bodenvernagelung durchzuführen. Die Notwendigkeit ist an der Art des Bauwerks und/oder des anstehenden Bodens unter Berücksichtigung der öffentlichen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

Bettina Hemme  
Referatsleiterin

Beglaubigt

Ausführung mit Kalottenplatte

Ausführung mit flacher Platte



elektronische Kopie der abZ des dibt: z-34.13-208

Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDRill

Systemdarstellung temporärer Bodennägel

Anlage 1

**Empfohlene Schlagenergie und Drehmomente für den Einbau**

Bereich	Kenngröße		Typ					
			R32-210	R32-250	R32-280	R32-320	R32-360	R32-400
$\frac{E_{S,max}}{2}$	$E_S$	Joule	70	80	90	110	120	140
	$M_t$	Nm	440	480	520	570	600	620
$\frac{M_{t,max}}{2}$	$E_S$	Joule	110	120	140	160	180	200
	$M_t$	Nm	320	340	370	410	430	450

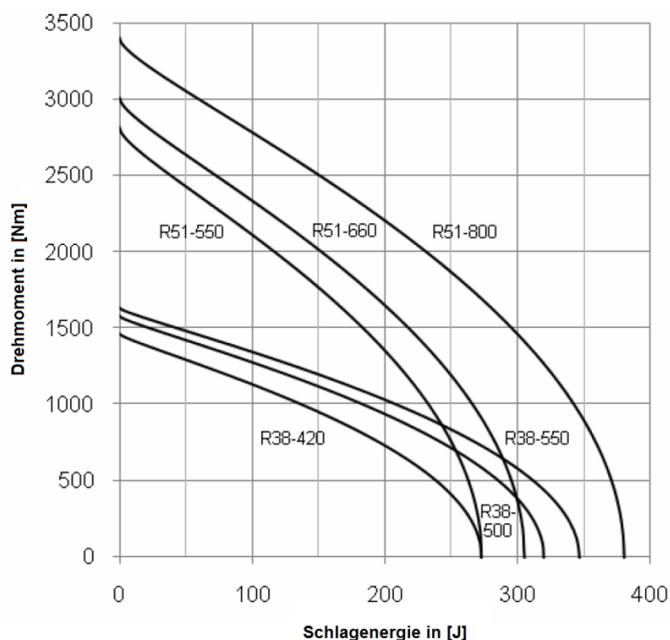
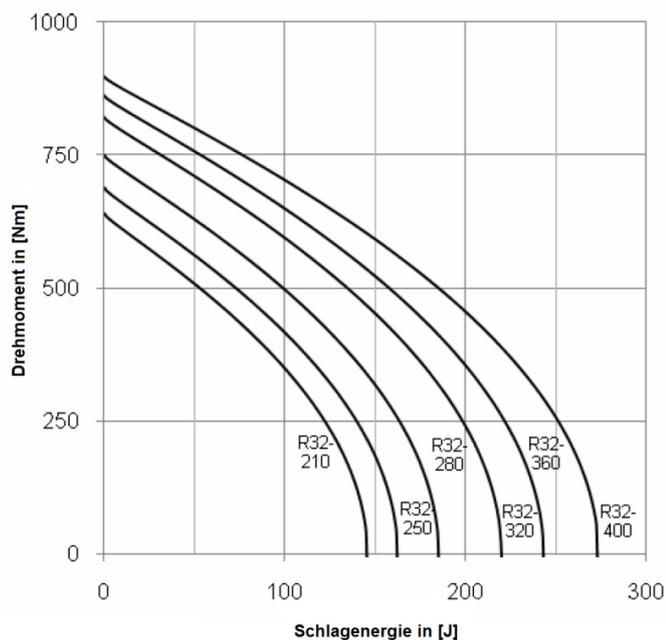
$E_S$  = Schlagenergie  $M_t$  = Drehmoment

Bereich	Kenngröße		Typ					
			R38-420	R38-500	R38-550	R51-550	R51-660	R51-800
$\frac{E_{S,max}}{2}$	$E_S$	Joule	140	160	170	140	150	190
	$M_t$	Nm	1000	1080	1120	1860	2000	2270
$\frac{M_{t,max}}{2}$	$E_S$	Joule	200	230	250	190	220	270
	$M_t$	Nm	730	790	810	1400	1500	1700

$E_S$  = Schlagenergie  $M_t$  = Drehmoment

Für den Einbau gelten immer die beiden Wertepaare zusammen.

Jenseits dieser Wertepaare dürfen die Schlagenergie und das Drehmoment den folgenden Tabellen entnommen werden.



Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDrill

Empfohlene Schlagenergie und Drehmomente für den Einbau

Anlage 2

elektronische Kopie der abz des dibt: z-34.13-208