

Allgemeine Bauartgenehmigung

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

**Zulassungs- und Genehmigungsstelle
für Bauprodukte und Bauarten**

Datum:

17.09.2023

Geschäftszeichen:

I 64-1.34.13-2/23

Nummer:

Z-34.13-208

Geltungsdauer

vom: **15. August 2023**

bis: **15. August 2028**

Antragsteller:

DYWIDAG-Systems International GmbH

Neuhofweg 5

85716 Unterschleißheim

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.

Der Gegenstand ist erstmals am 21.04.2004 zugelassen worden.

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.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Anwendungsbereich

(1) Genehmigungsgegenstand sind die Planung, Bemessung und Ausführung der "Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDrill" – weiter bezeichnet als Bodenvernagelung DYWIDrill – bestehend aus

- Hohlstäben, Verbindungs- und Verankerungsbauteilen sowie Abstandhalter aus Stahl und/ oder Guss gemäß Z-14.4-674¹;
- Zementmörtel und
- einer Außenhaut aus Spritzbeton oder Betonfertigteilen.

(2) Die Bodenvernagelung DYWIDrill muss in der auf der Anlage 1 dargestellten Weise unter Beachtung der nachfolgenden Bestimmungen ausgeführt werden. Hierbei dienen die Traglieder (Hohlstäbe) in Verbindung mit einer verlorenen Bohrkronen als Bohrgestänge/ Bohrwerkzeug, welche nach Erreichen der erforderlichen Teufe im Boden als Tragglied verbleiben (selbstbohrendes System). Die Bodenvernagelung DYWIDrill ist für den temporären Einsatz (≤ 2 Jahre) anwendbar.

(3) Die Bodenvernagelung DYWIDrill darf für Bodenvernagelungen 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.

2 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

2.1 Allgemeines

Die Bodenvernagelung DYWIDrill ist unter Beachtung der Technischen Baubestimmungen, insbesondere DIN EN 1997-1, DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054 zu planen, zu bemessen und auszuführen, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist.

2.2 Planung

2.2.1 Allgemeines

(1) Die Bodenvernagelung DYWIDrill kann in nichtbindigen oder bindigen Böden oder im Fels (vgl. DIN EN 1997-1 in Verbindung mit DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054, Abschnitt 3.1) angewendet werden.

(2) In Anlehnung an DIN EN 1997-1 in Verbindung mit DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054 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 während der Herstellung der Außenhaut im Spritzbetonverfahren.

(3) Der maximale Nagelabstand beträgt 1,5 m in horizontaler und vertikaler Richtung; er darf nur überschritten werden, wenn ein räumlicher Standsicherheitsnachweis geführt wird.

(4) Die Bodennägel sind mit einer Mindestneigung von 10° zur Horizontalen herzustellen.

(5) Die Ausführungsplanung muss die sich aus der Planung ergebenden Hinweise hinsichtlich der Durchbildung der Details enthalten. Hierzu gehören insbesondere folgende Angaben:

- Raster der Nagelabstände und Neigung der Bodennägel,
- konstruktive Durchbildung des Bodennagels und Nagelkopfeinbindung in die Außenhaut,
- Zementmörtelzusammensetzung, Mindestzementsteinüberdeckung und Anordnung der Abstandhalter,

¹ Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung Z-14.4-674 vom 31. Mai 2023

- Parameter zur Bohrlochherstellung und Herstellen des Bodennagels,
- Bemessungsbeanspruchung und Bemessungswiderstand der Nägel nach Abschnitt 2.3.3 für die Prüfungen nach Abschnitt 2.4.4.

2.2.2 Tragglieder der Bodennägel

(1) Als Tragglieder der Bodenvernagelung DYWIDrill sind längs geschweißte Hohlstäbe aus Vergütungsstahl mit durchgehend aufgerolltem, linksgängigen Rundgewinde gemäß Z-14.4-674¹ folgender Typen anzuwenden:

- R32-210, R32-250, R32-280, R32-320, R32-360, R32-400
- R38-420, R38-500, R38-550
- R51-550, R51-660, R51-800

Hierbei bedeuten:

R	gerolltes Rundgewinde
32, 38, 51	Nennaußendurchmesser des Traggliedes in [mm]
210 – 800	Nennwert der Zugtragfähigkeit des Traggliedes in [kN]

(2) Die geometrischen und mechanischen Eigenschaften sowie die chemische Zusammensetzung der Hohlstäbe entsprechen den Angaben der Z-14.4-674¹.

(3) Die Teillängen der Hohlstäbe können 1,00 m – 6,00 m betragen, die Regellänge beträgt 3,00 m.

2.2.2.1 Kopplungen der Tragglieder

(1) Die Teillängen der Hohlstäbe können mittels Muffen gemäß Z-14.4-674¹ (Stahl- oder Gussmuffe) zur individuell erforderlichen Gesamtlänge des Traggliedes (Bodennagels) gekoppelt werden.

(2) Die Teillängen der Hohlstäbe sind in der Muffe mit einem Mindestdrehmoment von 500 Nm zu verspannen bzw. zu sichern. Für die so gesicherte Muffenverbindung kann ein auf der sicheren Seite liegender Schlupfwert von 0,9 mm angesetzt werden.

(3) Der Abstand der Stoßstellen in Längsrichtung eines Traggliedes muss ≥ 1 m betragen.

2.2.3 Außenhaut und Einbindung der Nagelköpfe

(1) 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 und DIN 18551. Da die Spritzbetonhaut keine Kräfte in den Untergrund abträgt, muss der Erddruck zur Erfüllung des Kräftegleichgewichts in Richtung der Bodennägel wirken. Diese müssen nicht notwendigerweise senkrecht zur Außenhaut sein.

(2) 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.

(3) Die Außenhaut braucht nicht unterhalb der Baugrubensohle eingebunden zu werden. Es ist für eine ausreichende Drainage zu sorgen, damit hinter der Außenhaut kein Wasserdruck entsteht.

(4) Zur Verankerung der Bodennägel an der Außenhaut sind folgende Verankerungselemente gemäß Z-14.4-674¹, Anlage 6 (Muttern) und Anlage 8 (Verankerungsplatten), anzuwenden:

- Kalottenplatte in Verbindung mit Kalottenmutter (Kugelbundmutter) oder Stahlmutter. Die Geometrie der Kalottenplatte ist entsprechend der gewählten Mutterart und des Hohlstab Typs gemäß Z-14.4-674¹, Anlage 8, auszuwählen.
- Flachplatte in Verbindung mit Kalottenmutter (Kugelbundmutter) oder Stahlmutter.

(5) Die Kalotten- oder Flachplatten sind in frischem Spritzbeton oder in einem Mörtelbett senkrecht zum Tragglied zu verlegen. Eine ggf. erforderliche Zusatzbewehrung der Außenhaut im Bereich des Nagelkopfes zur Einleitung und Weiterleitung der Kräfte in der Außenhaut (z. B. Spaltzugkräfte) ist in jedem Einzelfall nachzuweisen (siehe hierzu auch Abschnitt 2.3.4).

(6) Für die Verankerungen der Nagelköpfe können nachfolgende und auf der sicheren Seite liegende Schlupf- und Verschiebungswerte angesetzt werden:

- Schlupf der Verankerung mit Flachplatte: 0,4 mm
- Ausgleich der Kalottenplatte: 3,0 – 6,0 mm

2.2.4 Zementmörtel für die Verfüllung der Bohrlöcher

2.2.4.1 Zusammensetzung

(1) Als Ausgangsstoffe für den Zementmörtel sind Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164-10 und Zemente nach EN 197-1 - unter Berücksichtigung der vorliegenden Expositionsclassen gemäß DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 (Tabellen 1, F.3.1 und F.3.2) -, Wasser nach DIN EN 1008 sowie gegebenenfalls Zusatzmittel nach EN 934-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1/DIN 1045-2 oder mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung und natürlichen Gesteinskörnungen für Beton nach EN 12620 - unter Berücksichtigung von DIN EN 206-1/DIN 1045-2, Anhang U -, anzuwenden.

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

2.2.4.2 Zementmörtelüberdeckung der Tragglieder

(1) Die Tragglieder der Bodennägel sollen mit einer Zementsteindicke von 20 mm umgeben sein; die Mindestüberdeckung muss ≥ 15 mm betragen.

(2) Am erdseitigen Ende des ersten Traggliedes ist eine Bohrkronen anzuordnen, deren Durchmesser mindestens die o. g. Zementsteinüberdeckung der Tragglieder sicherstellt.

(3) Zur Sicherstellung der Zementsteinüberdeckung über die Nagellänge sind auf den Hohlstäben jeweils unterhalb einer Kopplung (Muffe) Abstandhalter gemäß Z-14.4-674¹, Anlage 7, im Abstand $\leq 3,00$ m neigungsunabhängig anzuordnen (siehe auch Anlage 1). Bei nicht gekoppelten oder größeren Teillängen der Hohlstäbe, sind die Abstandhalter mit maximalem Abstand von 3,00 m untereinander auf den Traggliedern anzuordnen und beidseitig mittels Kontermuttern gemäß Z-14.4-674¹, Anlage 6, gegen Verschiebung zu sichern.

2.2.5 Bohrung/ Einbau des Bodennagels

(1) Die Bohrlöcher werden ohne Verrohrung mit einer verlorenen Bohrkronen, die auf das erdseitige Ende des ersten Traggliedes aufgeschraubt wird, drehschlagend im direkten Spülbohrverfahren hergestellt (siehe auch Anlage 1). Die Art der Bohrkronen ist an die zu erwartenden Baugrundverhältnisse anzupassen. Der Mindestbohrlochdurchmesser ergibt sich nach Wahl des Durchmessers des Tragglieds zzgl. einer mindestens 20 mm dicken Zementmörtelüberdeckung der Tragglieder; die Bohrlöcher sind mit einer Mindestneigung von 10° zur Horizontalen herzustellen. Die von der Traggliedgröße abhängigen und empfohlenen Wertepaare für Schlagenergie und Torsionsmomente für den Einbau, sind auf Anlage 2 angegeben.

(2) Bei Anwendung einer Wasser-Zement-Suspension als Spül- und Stützflüssigkeit ist ein w/z-Wert von 0,5 bis 0,7 einzustellen.

(3) Nach Erreichen der Solltiefe ist die Spül- und Stützflüssigkeit durch Zementmörtel gemäß Abschnitt 2.2.4.1 mit einem Wasser-Zement-Wert von w/z = 0,35 bis 0,50 vollständig zu ersetzen und die abgeteufte Länge des Traggliedes zu verpressen. Der w/z-Wert soll besonders in bindigen Böden niedrig gewählt werden. Der Zementmörtel muss durch das Tragglied in das Bohrloch zur verlorenen Bohrkronen eingeleitet werden, um ein Verpressen des Traggliedes vom Bohrlochtieftsten zu gewährleisten.

2.3 Bemessung

2.3.1 Allgemeines

(1) Für den Entwurf und die Bemessung von vernagelten Stützkonstruktionen gelten die Technischen Baubestimmungen, insbesondere DIN EN 1997-1, DIN EN 1997-1/NA, DIN 1054 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, 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/ Nachweis- verfahren	Abschnitt in	
			DIN EN 1997-1	DIN 1054
vernagelte Stütz- konstruktion	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	Teilflächenbelastung, Durchstanzen etc.			A 11.5.4.1

Die Teilsicherheitsbeiwerte sind DIN 1054, Tabellen A 2.1 bis A 2.3 zu entnehmen.

2.3.2 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die vernagelte Stützkonstruktion

(1) Für die Berechnung einer vernagelten Stützkonstruktion ist im Regelfall (Gewichtsstützwand aus einem quasi-monolithischen, vernagelten Bodenkörper) eine rechnerische Rückwand durch das Ende der Nägel anzunehmen. Für den Regelfall sind folgende Nachweise zu führen:

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

(2) Ein gesonderter Nachweis für den Grenzzustand EQU gemäß DIN 1054, Abschnitt A 6.5.4 A (3) braucht nicht geführt zu werden, wenn zur ausreichenden Sicherheit gegen Fundamentverdrehung und der Begrenzung einer klaffenden Fuge die Bedingungen für die Lage der Sohldruckresultierenden gemäß DIN 1054, Abschnitt A 6.6.5 eingehalten werden. (siehe auch Abschnitt 2.3.6)

(3) Die Anwendbarkeit des Regelfalles ist bei der Modellbildung im Einzelfall zu prüfen. Insbesondere bei geschichteten Böden und unterschiedlichen Nagellängen ist ein Nachweis über die Gesamtstandsicherheit der maßgebenden Bruchmechanismen mittels Variation der Bruchfugen erforderlich.

2.3.3 Nachweis der Nägel

2.3.3.1 Bemessungsbeanspruchung der Nägel

Die Bemessungsbeanspruchung für die Nägel ist nach DIN 1054, 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 für den Grenzzustand GEO-3.

Der größere Wert der Bemessungsbeanspruchung ist maßgebend.

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

Die Bemessungseinwirkung auf die Oberflächensicherung der Stützkonstruktion ist im Grenzzustand GEO-2 aus dem charakteristischen aktiven Erddruck gemäß DIN 1054 und DIN 4085 ggf. unter Berücksichtigung des Mindesterdldrucks zu ermitteln, wobei die Erddruckneigung parallel zur Neigung der Bodennägel anzunehmen ist.

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 α = Wandneigungswinkel (gemäß DIN 4085)
 h = Wandhöhe

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

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

Der Erddruck aus veränderlichen Einwirkungen ist nach DIN 4085 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 γ_G, γ_Q = Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIN 1054, Tabelle A 2.1 für den Grenzzustand GEO-2

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

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.

Die maßgebliche Bemessungsbeanspruchung $E_{E,d}$ für den Tragfähigkeitsnachweis gemäß Abschnitt 2.3.3.3 dieses Bescheides ist das Maximum aus allen so ermittelten Nagelkräften.

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

Zur Ermittlung der Bemessungsbeanspruchung aus dem Kräfte- oder Momentengleichgewicht ist der Nachweis der Geländebruchsicherheit nach DIN 4084 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 Krafteinleitungsstrecke 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

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

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

Ist gemäß DIN 1054, 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 ΔF 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.

2.3.3.2 Bemessungswiderstände der Nägel

Herauszieh Widerstand $R_{A,d}$

Der längenbezogene charakteristische Herauszieh Widerstand eines Bodennagels $T_{Pm,k}$ muss durch Herausziehversuche in-situ ermittelt werden (Nagelprüfungen gemäß Abschnitt 2.4.4 dieses Bescheides). Der Bemessungswert des längenbezogenen Herauszieh Widerstands $T_{Pm,d}$ ergibt sich aus dem charakteristischen Wert zu:

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

mit γ_a = Teilsicherheitsbeiwert gemäß DIN 1054, Tabelle A 2.3 für den Grenzzustand GEO-3

Der Bemessungswert für den größten Herauszieh Widerstand eines Einzelnagels ergibt sich dann zu:

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

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

Materialwiderstand $R_{B,d}$

Die charakteristische axiale Zugwiderstandskraft $R_{B,k}$ des Bodennagels bestimmt sich zu:

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

mit $F_{0,2,k}$ = Last an der 0,2%-Dehngrenze des Hohlstabtyps nach Z-14.4-674¹

Der Bemessungswert des Materialwiderstands ergibt sich dann zu:

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

mit $\gamma_M = 1,15$

Bei nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen ist zusätzlich ein Nachweis gegen Ermüdung gemäß Z-14.4-674¹, Abschnitt 3.2.3, zu führen.

2.3.3.3 Nachweis der Tragfähigkeit der Nägel

Die Tragfähigkeitsnachweise der Nägel sind für den

- (1) Herauszieh Widerstand (Bodenwiderstand),
- (2) Materialwiderstand (Bauteilwiderstand)

zu führen. Es ist nachzuweisen:

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

2.3.4 Nachweis der Oberflächensicherung (Außenhaut)

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

(2) Die maßgebliche Bemessungsbeanspruchung ergibt sich analog zu Abschnitt 2.3.3.1 dieses Bescheides entweder aus dem Erddruck oder aus dem Defizit des Kräfte- bzw. Momentengleichgewichts.

2.3.5 Verformungen

Sollen die Verformungen von vernagelten Wänden eingeschränkt werden, so kann im Fall ohne Bebauung oberhalb einer Wand nach DIN 4084, Abschnitt 11, verfahren werden. Im Fall einer Bebauung oberhalb einer Wand ist das Bauvorhaben in die Geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen; DIN 1054, 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.

(2) In bindigen Böden, die zum Kriechen neigen, müssen langfristige Kriechverformungen berücksichtigt werden. Die Verträglichkeit der möglichen Kriechverformungen mit den örtlichen Randbedingungen ist bei Dauerbauwerken zu überprüfen. 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.

2.3.6 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind die Anforderungen gemäß DIN 1054, 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, Abschnitte A 6.6.5 A (2) und A (3) zu beachten.

2.4 Ausführung

2.4.1 Allgemeines

(1) Die für den Einbau vorgesehene Bodenvernagelung DYWIDRILL ist anhand der Ausführungsplanung und Lieferscheine auf Vollständigkeit aller erforderlichen Komponenten durch den Ausführenden zu prüfen.

(2) Es ist gemäß den Arbeitsanweisungen der Firma DYWIDAG-Systems International GmbH zu arbeiten, die beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt wurden und auf der Baustelle vorliegen müssen.

2.4.2 Ausführung der Bodennägel

(1) Die Bohrlöcher werden ohne Verrohrung und mit dem Mindestbohrlochdurchmesser, gewährleistet durch eine entsprechende Bohrkronen und anzuordnender Abstandhalter, entsprechend der Ausführungsplanung hergestellt.

(2) Erforderliche Kopplungen der Tragglieder sind mit Muffen auszuführen und dürfen nur entsprechend der Ausführungsplanung ausgeführt werden. Das erforderliche Mindestkontermoment von 500 Nm ist durch den Kraftdrehkopf des Bohrgerätes oder geeichtem Drehmomentenschlüssel aufzubringen.

(3) Nach Erreichen der Solltiefe muss das Verpressen mit einem Zementmörtel entsprechend der Ausführungsplanung erfolgen. Der Zementmörtel muss maschinell gemischt werden. Bis zum Verpressen dürfen keine Entmischungen und Klumpenbildungen auftreten. Das zu verpressende Volumen muss so groß sein, dass die Spül- und Stützflüssigkeit komplett verdrängt wird und aus dem Bohrlochmund blasenfrei austritt. Während des Verpressens darf der Vorratsbehälter für den Zementmörtel nicht leergepumpt werden, damit keine Luft in den Zementmörtel eingebracht wird.

(4) Für den Nachweis der Druckfestigkeit des Zementmörtels 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 durchzuführen.

2.4.3 Verankerung der Bodennägel an der Außenhaut

- (1) Abgeschachtete Bereiche sind durch die Außenhaut unverzüglich zu sichern.
- (2) Zur Verankerung der Bodennägel an der Außenhaut sind die Verankerungselemente gemäß Ausführungsplanung in frischem Spritzbeton oder in einem Mörtelbett senkrecht zum Tragglied zu verlegen. Das Bohrloch muss bis zur Wandvorderkante verfüllt werden; der durch die Schräglage des Nagels verbleibende Hohlraum ist mit Spritzbeton bzw. Mörtel aufzufüllen.
- (3) Nach dem Erhärten der Spritzbetonschale sind die Muttern handfest anzuziehen.

2.4.4 Prüfungen

2.4.4.1 Probelastungen

- (1) Der gemäß Ausführungsplanung angegebene und in der Bemessung angenommene rechnerische Herausziehwiderstand 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 oder in mindestens 5 Laststufen 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. $F_{0,2,k}$ gemäß Z-14.4-674¹), 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 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 unter GOK 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 $l_{V,i}$ (vgl. Abschnitt 2.3.3) 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:

$$T_{Pm,i} = \frac{P_{\max,i}}{l_{V,i}} \quad [\text{kN/m}] \quad (2.12)$$

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

$$T_{Pm,k} = \text{MIN} \left(\frac{(T_{Pm,i})_{\text{mitt}}}{\xi_1}, \frac{(T_{Pm,i})_{\text{min}}}{\xi_2} \right) \quad [\text{kN/m}] \quad (2.13)$$

Die Streuungsfaktoren ξ_1 und ξ_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	≥ 7
ξ_1	1,35	1,25	1,15	1,05	1,00
ξ_2	1,35	1,15	1,00	1,00	1,00

n ist die Anzahl der probebelasteten Nägel

2.4.4.2 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.

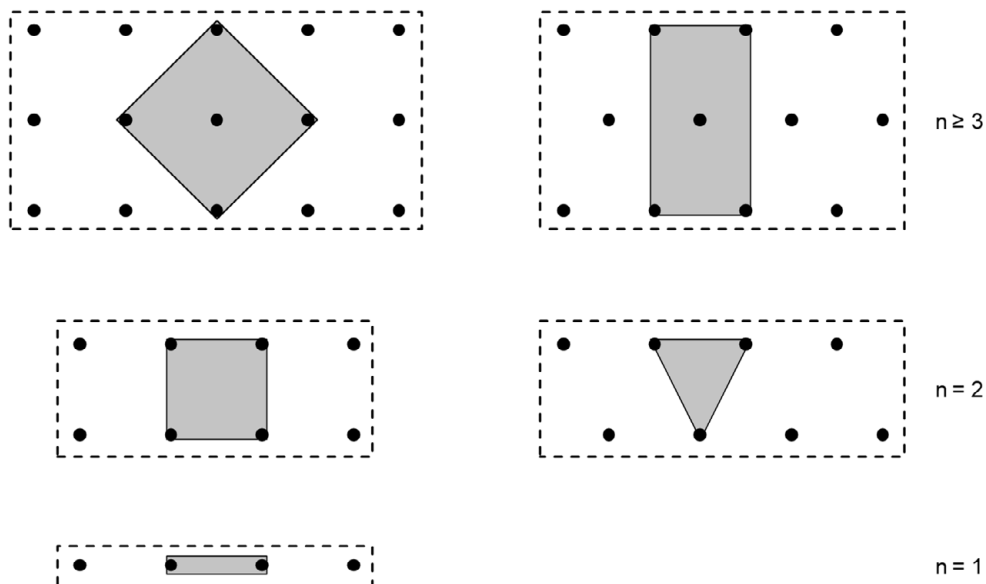


Bild 1: Anordnung des Prüffelds und Mindestanzahl der zu prüfenden Nägel bei Gruppenbelastungen in Abhängigkeit der Anzahl der Nagelreihen n

2.4.5 Übereinstimmungserklärung der Ausführung

(1) Von der ausführenden Firma ist zur Bestätigung der Übereinstimmung der Bauart mit der allgemeinen Bauartgenehmigung eine Übereinstimmungserklärung gemäß §§ 16a Abs. 5 in Verbindung mit 21 Abs. 2 MBO² abzugeben.

(2) Die Übereinstimmungserklärung der ausführenden Firma 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

² Musterbauordnung (MBO) Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 25.09.2020

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

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

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

3 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.

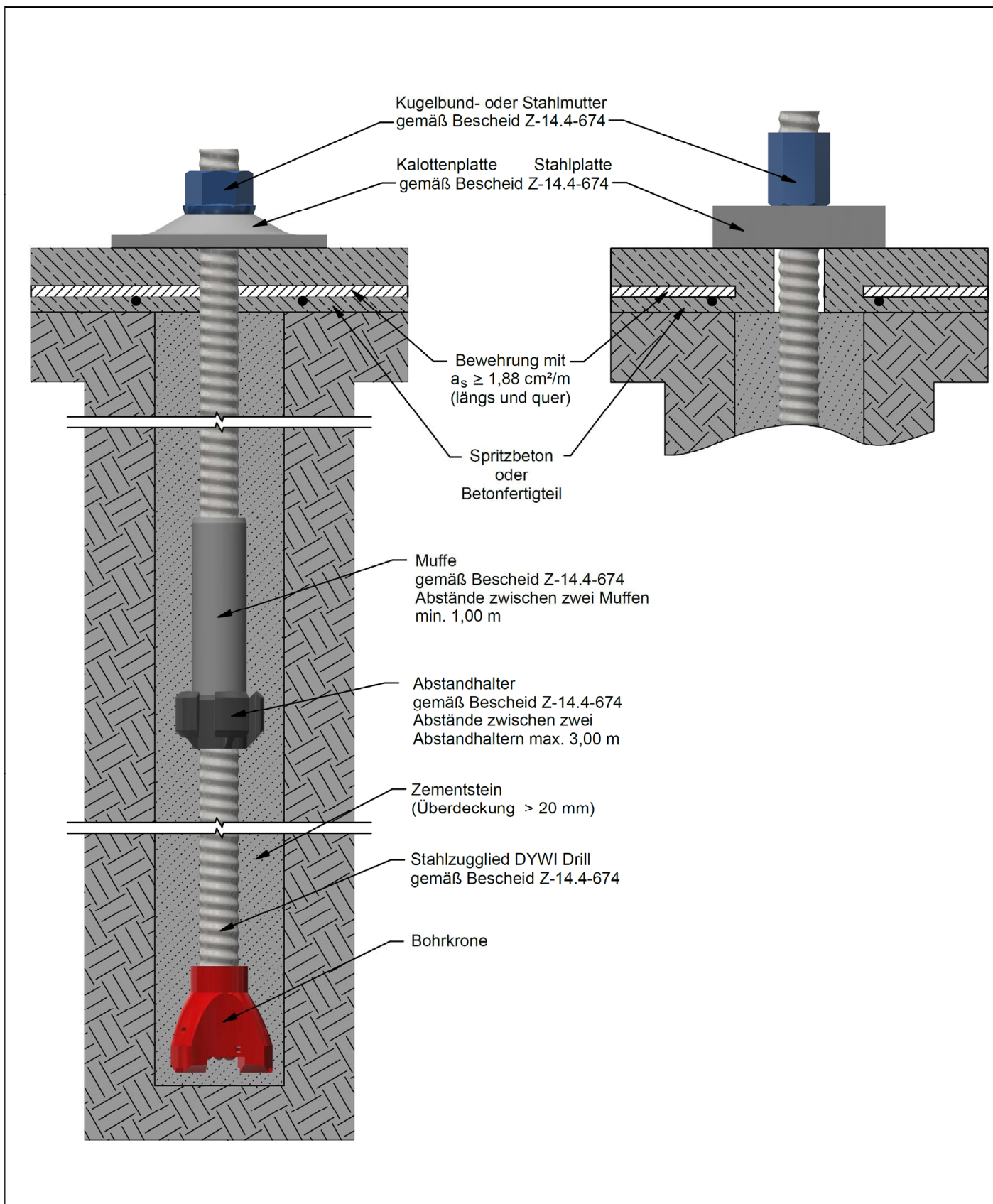
Normenverzeichnis

EN 197-1:2011	Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; (in Deutschland umgesetzt durch DIN EN 197-1:2011-11)
DIN EN 206-1:2001-07	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000
DIN EN 206-1/A1:2004-10	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000/A1:2004
DIN EN 206-1/A2:2005-09	Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000/A2:2005
EN 934-2:2009+A1:2012	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 2: Beton-zusatzmittel - Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung; (in Deutschland umgesetzt durch DIN EN 934-2:2012-08)
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
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
DIN 1054:2021-04	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1

DIN 1164-10:2013-03	Zement mit besonderen Eigenschaften - Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt
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
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
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
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
DIN 4084:2009-01	Baugrund - Geländebruchberechnungen
DIN 4085:2017-08	Baugrund - Berechnung des Erddrucks
DIN EN 12390-3:2019-10	Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern; Deutsche Fassung EN 12390-3:2019
EN 12620:2002+A1:2008	Gesteinskörnungen für Beton; (in Deutschland umgesetzt durch DIN EN 12620:2008-07)
DIN EN 14487-1:2006-03	Spritzbeton-Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität; Deutsche Fassung EN 14487-1:2005
DIN 18551:2014-08	Spritzbeton - Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen

Bettina Hemme
Referatsleiterin

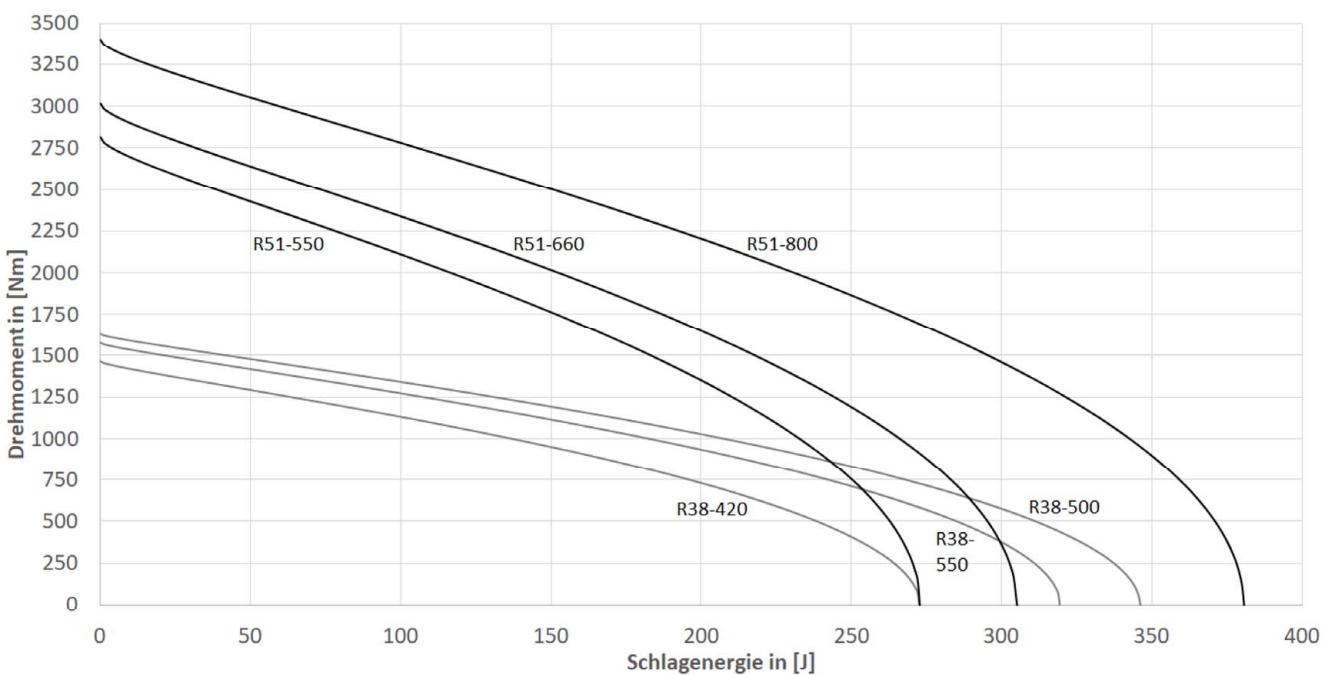
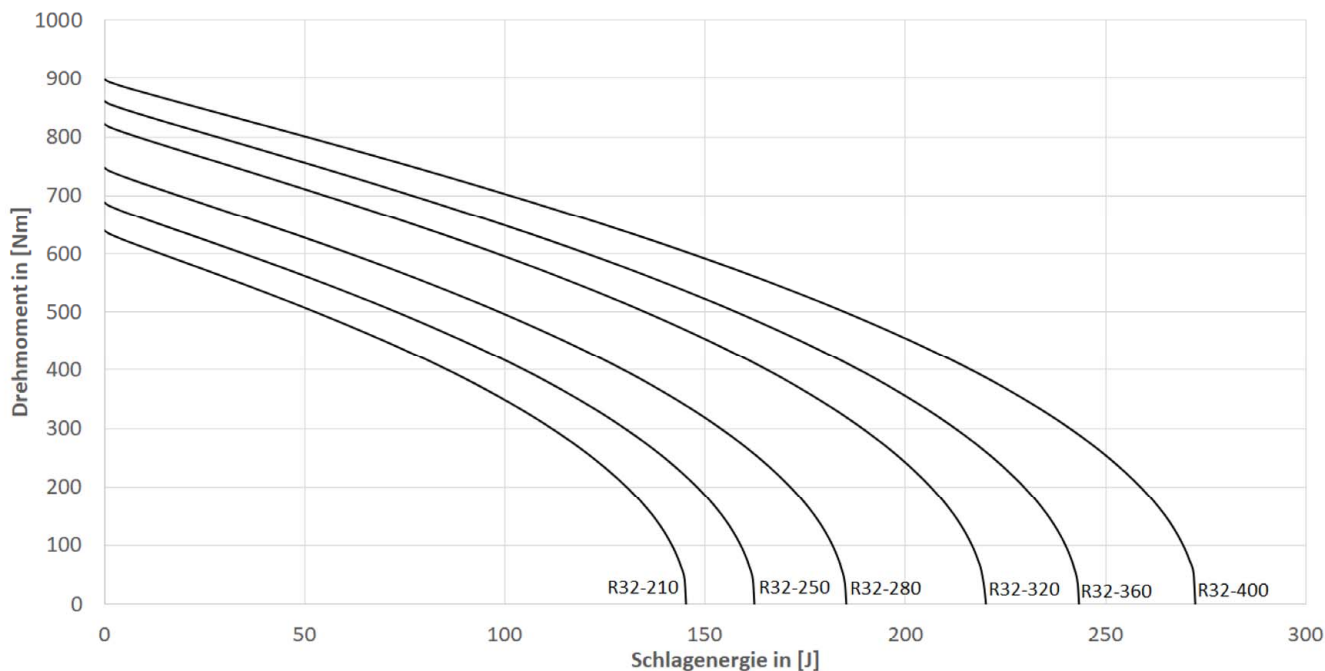
Beglaubigt
Jendryschik



Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDRill	Anlage 1
Systemdarstellung temporärer Bodennagel	

Empfohlene Schlagenergie und Drehmomente für den Einbau

Für den Einbau werden die Schlagenergie und das Drehmoment als Grenzwert der Wertepaare gemäß den nachfolgenden Diagrammen begrenzt.



Bodenvernagelung mit Hohlstäben System DYWIDrill

Anlage 2

Kennlinien der Wertepaare für Schlagenergie und Drehmoment