

Rammpfähle

Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung

DIN
4026

Driven piles; construction procedure, design and permissible load

Diese Norm wurde in der Arbeitsgruppe Baugrund des FNBau ausgearbeitet. Sie ist den obersten Bauaufsichtsbehörden vom Institut für Bautechnik, Berlin, zur bauaufsichtlichen Einführung empfohlen worden.

In dieser Norm sind die von außen auf eine Baukonstruktion einwirkenden Kräfte, z. B. Gewichtskräfte auch als Lasten, Belastungen bezeichnet.

Da das Herstellen und Einrammen von Rammpfählen große Sorgfalt und Erfahrung erfordert, dürfen mit der Ausführung von Rammpfahlgründungen nur solche Firmen betraut werden, die diese Voraussetzung erfüllen und eine fachgerechte Ausführung gewährleisten.

Erläuterungen zu dieser Norm siehe DIN 4026 Beiblatt.

Inhalt

	Seite		Seite
1. Geltungsbereich	1	5.3. Rammpfähle aus Stahl	3
2. Begriffe	1	5.4. Zusammengesetzte Rammpfähle	4
3. Bauleitung	1	6. Rammen der Pfähle	4
4. Erkundung des Baugrunds	1	7. Anordnung der Pfähle	4
5. Pfahlarten	2	8. Tragfähigkeit und zulässige Belastung von Druck- und Zugpfählen	4
5.1. Rammpfähle aus Holz	2	Weitere Normen und Richtlinien	7
5.2. Rammpfähle aus Stahlbeton und Spannbeton	2	Anhang: Mustervordruck 1 bis 3 nach DIN 4026, Abschnitt 6.5	8
5.2.1. Rammpfähle aus Stahlbeton	2		
5.2.2. Rammpfähle aus Spannbeton	3		

1. Geltungsbereich

Die Norm gilt für alle Gründungs-Rammpfähle nach Abschnitten 2.1 bis 2.3. Für Spezialpfähle (siehe Abschnitt 2.4) gelten nur die Abschnitte 3, 4 und 6.5 dieser Norm. Werden bei ihrem Herstellen oder Einbringen Baustoffe, Fertigteile oder Verfahren benutzt, die in der Norm behandelt sind, gelten auch dafür die entsprechenden Festlegungen.

2. Begriffe

Rammpfähle sind Pfähle aus Holz, Stahlbeton, Spannbeton oder Stahl, die in ihrer ganzen Länge oder in Abschnitten (Teillängen) vorgefertigt oder zugerichtet und so in den Untergrund gerammt werden (Fertigpfähle). Das Rammen kann durch Spülen oder Rütteln unterstützt werden.

Folgende Begriffe sind gebräuchlich:

2.1. Einfache Rammpfähle

Einfache Rammpfähle sind Rammpfähle, die über ihre gesamte Länge eine einheitliche Querschnittsform und einen gleichen Baustoff aufweisen.

2.2. Rammpfähle mit Fuß

Rammpfähle mit Fuß sind Rammpfähle nach Abschnitt 2.1, bei denen die Standfläche des Pfahlschaftes im tragenden Boden vergrößert ist.

2.3. Zusammengesetzte Rammpfähle

Zusammengesetzte Rammpfähle sind Rammpfähle nach Abschnitt 2.1 oder 2.2, die in Abschnitten (Teillängen) vorgefertigt und vor oder während des Rammens zu großen Pfahllängen zusammengefügt werden, ebenso solche Rammpfähle, bei denen die Teillängen aus unterschiedlichen Querschnitten und unterschiedlichem Baustoff bestehen.

2.4. Spezialpfähle

Spezialpfähle sind Sonderbauarten, bei denen Güte und Tragfähigkeit des Pfahles durch andere oder zusätzliche Maßnahmen gewährleistet werden. Hierzu gehören auch Ortbetonrammpfähle.

3. Bauleitung

Als Unternehmer-Bauleiter darf nur ein entsprechend geschulter und erfahrener Fachmann bestimmt werden, der die Handhabung der Fertigpfähle und die Besonderheiten bei ihrem Einbringen beherrscht. Er oder ein fachkundiger Vertreter müssen während der Rammarbeiten auf der Baustelle anwesend sein. Die Arbeiten dürfen nur durch zuverlässige Rammführer oder geschulte Rammpoliere beaufsichtigt werden.

4. Erkundung des Baugrunds

4.1. Vor Beginn der Entwurfsarbeiten ist der Baugrund nach DIN 1054 und DIN 4021 Blatt 1, Blatt 2 (z. Z. noch Entwurf), Blatt 3 (z. Z. noch Entwurf), DIN 4022 Blatt 1, DIN 4023 und DIN 18 196 zu erkunden. Die Bohrungen sollen ergänzenden Aufschluß geben über Rammhindernisse, Mächtigkeit der tragenden Schicht und ggf. natürliche Lagerungsdichte.

Die Lagerungsverhältnisse rolliger Böden werden zweckmäßigerweise mit der Drucksonde untersucht (siehe DIN 4094 Blatt 1). Auch Rammsonden sind hierfür geeignet. Die Festigkeitseigenschaften bindiger Böden sind an ungestörten Bodenproben zu untersuchen.

4.2. Die Erkundungen nach Abschnitt 4.1 können durch Proberammungen ergänzt werden.

4.3. Grundwasser, freies Wasser und Boden sind auf baustoffschädliche Eigenschaften zu untersuchen.

Fortsetzung Seite 2 bis 10

Fachnormenausschuß Bauwesen (FNBau) im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Frühere Ausgaben: 7.68

Deutscher Normenausschuß, Berlin 30

Änderung August 1975:
Anpassung an DIN 1045, Ausgabe Januar 1972.
Redaktionelle Überarbeitung, unter anderem Berücksichtigung der gesetzlichen Einheiten.

5. Pfahlarten

5.1. Ramppfähle aus Holz

5.1.1. Holzarten

Es kommen für Ramppfähle in Betracht

- Kiefer, Fichte, Tanne, Lärche, Douglasie
- Eiche, wenn besondere Widerstandsfähigkeit verlangt wird
- Basralocus, Bongossi, Demarara-Greenheart und andere geeignete ausländische Harthölzer, wenn besondere Dichte, Härte und Dauerhaftigkeit gefordert werden.

5.1.2. Güte

Ramppfähle aus Holz sollen aus gesundem Holz bestehen. Sie sollen gerade (Pfeilhöhe $\leq 1/300$ der Pfahllänge) und frei von schädlichem Drehwuchs sein und eine möglichst gleichmäßige Verjüngung vom Stamm- zum Zopfende haben, wobei der Durchmesser höchstens 1,5 cm je Meter, möglichst jedoch nur 1,0 cm je Meter kleiner werden darf. Im übrigen muß das für Ramppfähle verwendete Baurundholz (Nadelholz) mindestens der Güteklasse II nach DIN 4074 Blatt 2 entsprechen. Für Laubhölzer und ausländische Harthölzer gelten diese Festlegungen sinngemäß.

Für die zulässige Beanspruchung gilt DIN 1052. Ausländische Hölzer sind entsprechend ihren Festigkeitseigenschaften einzustufen¹⁾.

5.1.3. Abmessungen

Der mittlere Durchmesser (gemessen auf halber Pfahllänge) muß aus konstruktiven und rammtechnischen Gründen auf die Pfahllänge l abgestimmt werden. Dabei sollten die Faustregelmaße nach Tabelle 1 eingehalten werden:

Tabelle 1

Länge l m	mittlerer Durchmesser (zul. Abweichungen ± 2 cm) cm
< 6	25
≥ 6	$20 + l$ (l ist in m einzusetzen)

5.1.4. Zurichten der Pfähle

Die Pfähle müssen vor dem Rammen von Borke befreit werden. Bast braucht nicht entfernt zu werden.

Die Pfahlspitze, die in der Regel am Zopfende angeordnet ist, muß axial und symmetrisch angeschnitten werden. Die Höhe der Pfahlspitze soll 1,2- bis 2,0mal größer sein als der Pfahldurchmesser am Zopfende. Bei festen Böden sollte der kleinere, bei weichen Böden der größere Wert gewählt werden.

Pfahlschuhe sollen nur dort verwendet werden, wo es die besonderen Bodenverhältnisse erfordern und nur dann, wenn sie mit der Pfahlspitze unlösbar verbunden sind.

Der Pfahlkopf muß gegen Aufspalten beim Rammen durch Rammhauben oder Rammringe gesichert werden.

Sofern bei schwerer Rammung die Holzstruktur des Pfahlkopfes zerstört wird (Perückenkopf), ist ein neuer Pfahlkopf anzuschneiden. Spaltet ein Pfahl, ist er für die Aufnahme von Kräften ungeeignet.

5.1.5. Lebensdauer

Bei Pfahlgründungen, von denen eine große Lebensdauer verlangt wird, können Holzpfähle nur dort verwendet werden, wo sie unter der Fäulnisgrenze enden und Holzschädlinge nicht einwirken können.

Pfähle im Wasserwechselbereich und darüber haben im allgemeinen eine geringe Lebensdauer. Diese wird erhöht, wenn die Pfähle besonders geschützt und unterhalten werden.

Zum Schutz der Pfähle sollen nur solche Verfahren angewendet werden, die einen Tiefschutz (z. B. nach DIN 68 800) ermöglichen.

5.2. Ramppfähle aus Stahlbeton und Spannbeton

Ramppfähle aus Stahlbeton müssen so beschaffen sein, daß sie eine dauerhafte Gründung gewährleisten. Außerdem müssen sie den Beanspruchungen bei sachgemäßer Beförderung und fachgerechter Rammung gewachsen sein.

Stahlbetonrammpfähle werden als Massivpfähle oder Hohlpfähle mit quadratischem, rechteckigem, vieleckigem, kreisförmigem oder gegliedertem Querschnitt, mit schlaffer Bewehrung oder mit Vorspannung hergestellt.

Die Pfähle können sowohl in Betonwerken als auch auf Baustellen hergestellt werden. In jedem Falle müssen die Güteanforderungen durch entsprechende Fertigungsanlagen und laufende Überwachung sichergestellt werden.

5.2.1. Ramppfähle aus Stahlbeton

5.2.1.1. Herstellen

Für das Herstellen der Pfähle gilt sinngemäß DIN 1045, Ausgabe Januar 1972, Abschnitt 5.3 — Anforderungen an Betonfertigteilewerke — soweit im Folgenden nichts anderes festgelegt ist.

5.2.1.2. Querschnittsform und -größe

Sie richten sich nach der Pfahllänge, dem Fertigungsverfahren, der erforderlichen Tragkraft und sonstigen Beanspruchungen, dem Untergrund und dem Schwierigkeitsgrad der Rammung.

Falls der Pfahlfuß als Spitze oder Schneide ausgebildet wird, soll ihre Höhe etwa das 1,3fache der kleineren Seitentlänge des Pfahlquerschnittes, bei runden Pfählen das 1,3fache des Durchmessers sein.

5.2.1.3. Baustoffe

5.2.1.3.1. Beton

Der Beton muß im Sinne der Norm DIN 1045, Ausgabe Januar 1972, Abschnitt 6.5.7.4 dicht sein. Seine Nennfestigkeit muß beim Abheben des Pfahles vom Fertigungsboden ≥ 25 MN/m² (≥ 250 kp/cm²), beim Beginn des Rammens ≥ 35 MN/m² (≥ 350 kp/cm²) sein.

Diese Eigenschaften sind nach den Bestimmungen der DIN 1045 und DIN 1048 sicherzustellen.

5.2.1.3.2. Betonstahl

Als Längsbewehrung findet Betonstahl IG, III U und III K nach DIN 488 Blatt 1 Verwendung.

Für die Querbewehrung genügt Betonstahl IG oder Walzdraht.

5.2.1.4. Bemessung

Die Bewehrung der Ramppfähle aus Stahlbeton muß so bemessen werden, daß die beim Befördern und Hochnehmen des Pfahles auftretenden Biegemomente ohne nennenswerte Rissebildung aufgenommen werden können.

Für die Ermittlung der erforderlichen Bewehrung ist im allgemeinen ein Lastfall zugrunde zu legen, der dem einseitigen Anheben des Pfahles beim Entformen bzw. Hochnehmen vor der Ramme Rechnung trägt, wobei der Sicherheitsbeiwert für

¹⁾ siehe z. B. Grundbau-Taschenbuch Band I, 2. Auflage, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin—München 1966, S. 579, Tafel 1 und S. 637.

die Bemessung auf Biegung bzw. Biegung mit Längskraft mit $\nu = 1,5$ angesetzt werden darf.

Zugpfähle und Pfähle, die im Bauwerk auch auf Biegung beansprucht werden, müssen außerdem für diese Belastung nach DIN 1045 bemessen werden.

5.2.1.5. Anordnung der Bewehrung, Mindestbewehrung

Die Längsbewehrung der Pfähle soll bei Längen über 10 m nicht weniger als 0,8% des Pfahlquerschnittes betragen. Bei massiven Rechteckpfählen sind mindestens 4 Längsstäbe ϕ 14 mm in den Ecken des Pfahlquerschnittes, bei runden Pfählen mindestens 5 Längsstäbe ϕ 14 mm, gleichmäßig verteilt, ohne Endhaken anzuordnen.

Der Durchmesser der Querbewehrung soll mindestens 5 mm betragen. Der Abstand der Bügel oder die Ganghöhe einer Wendel soll 12 cm nicht übersteigen. Wegen der dynamischen Druckbeanspruchung des Pfahles beim Rammen soll die Querbewehrung die Längsbewehrung straff umschließen. Am Kopf und Fuß des Pfahles muß auf je 1 m Länge die Ganghöhe bzw. der Abstand der Querbewehrung auf etwa 5 cm verringert werden.

5.2.1.6. Betonüberdeckung

Die Betonüberdeckung der Längsbewehrung muß 30 mm betragen. Für Pfähle, die dem Einfluß betonschädlicher Wässer und Böden ausgesetzt sind, ist sie bis auf mindestens 40 mm zu vergrößern. Im übrigen ist DIN 4030 zu beachten.

5.2.1.7. Kennzeichnung der Pfähle

In die Pfähle ist das Datum der Herstellung und das Firmenzeichen des Herstellers gut sichtbar einzudrücken.

5.2.1.8. Behandlung der Pfähle beim Transport

Rammpfähle aus Stahlbeton dürfen nicht ruckweise gekantet oder angehoben und nicht geworfen werden. Die Beförderung hat so sorgfältig zu geschehen, daß Beschädigungen vermieden werden.

5.2.1.9. Zulässige Rißbildung beim Rammen

Beim Rammen auftretende Risse bis zu einer Breite von 0,15 mm sind unbedenklich.

5.2.2. Rammpfähle aus Spannbeton

Es gelten die Festlegungen über Rammpfähle aus Stahlbeton sinngemäß, soweit nachfolgend nichts anderes bestimmt ist. Rammpfähle aus Spannbeton müssen so beschaffen sein, daß sie auch die beim Befördern und Hochnehmen des Pfahles auftretenden Biegemomente, ebenso die beim Rammen auftretenden Zug- und Druckspannungen in jedem beliebigen Pfahlquerschnitt ohne bleibende Risse aufnehmen können.

Für das Bemessen und Herstellen der Spannbetonpfähle gelten die „Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen“ (Fassung Juni 1973)²⁾, wobei für Bauzustände teilweise Vorspannung zugelassen ist.

Die Vorspannung kann sowohl im Spannbett als auch nach dem Erhärten des Betons mit nachträglichem Verbund ausgeführt werden.

Das gewählte Vorspannsystem muß die dynamischen Beanspruchungen aus dem Rammstoß ohne Schaden aufnehmen können.

5.3. Rammpfähle aus Stahl

Stahlrammpfähle sind entweder in ihrer ursprünglichen Walzform gelieferte Walzwerkzeugnisse oder aus solchen zusammengesetzt. Man unterscheidet Trägerpfähle sowie Kasten- und Rohrpfähle ohne oder mit geschlossener Spitze, sowie Pfähle mit Verstärkungen am Schaft oder an der Spitze (z. B. Flügel).

5.3.1. Werkstoffe

5.3.1.1. Stahlsorten

Für Rammpfähle aus Stahl genügt im allgemeinen St 37-1 nach DIN 17 100 und Spundwandstahl der Güte 37 (St Sp 37)³⁾. In besonderen Fällen, vor allem bei Rammpfählen für schwere Rammungen, sind hochwertige Stahlsorten empfehlenswert⁴⁾.

Bezüglich der zu verwendenden Stahlsorten für Rammpfähle

- a) aus allgemeinen Baustählen siehe DIN 17 100
- b) aus Spundwandprofilen siehe Empfehlung E 67 des Arbeitsausschusses „Ufer-einfassungen“⁵⁾ und Technische Lieferbedingungen für Stahlspundbohlen⁶⁾
- c) aus nahtlosen Rohren siehe DIN 1629
- d) aus geschweißten Rohren siehe DIN 17 100 und DIN 1626

5.3.1.2. Schweißverbindungen

Bezüglich Schweißverbindungen siehe DIN 4100 und DIN 8563 Blatt 1 und Blatt 2.

5.3.2. Verstärkungen

Werden Stahlpfähle zur Verbesserung der Lastabtragung im Boden, am Fuße oder am Schaft mit Verstärkungen (z. B. Flügel) ausgerüstet, so sind diese axial-symmetrisch anzuordnen. Solche Verstärkungen werden in der Regel angeschweißt, wobei die Schweißnaht (durchlaufend oder unterbrochen) so kräftig auszubilden ist, daß die absprengende Wirkung des Bodenpfropfens auch bei schwerer Rammung aufgenommen werden kann. Insbesondere sind am Fuß der Verstärkungen Quernähte anzuordnen.

5.3.3. Schweißen an gelieferten Pfählen

Bei Schweißungen, die an gelieferten Stahlpfählen vorgenommen werden, ist zuvor die Schweißbarkeit der Stahlsorte zu prüfen sowie das Schweißverfahren und die Auswahl der Elektroden in Zusammenarbeit mit dem Lieferwerk für die betreffende Stahlsorte festzulegen.

Im übrigen gelten die Festlegungen von Abschnitt 5.3.1.2.

5.3.4. Korrosionsschutz

Bei der Anwendung von Stahlpfählen in aggressiven Wässern und Böden und bei der Gefahr des Austrittes vagabundierenden Gleichstroms ist die Korrosionsgefährdung zu berücksichtigen⁵⁾.

Es sollten nur geschlossene Pfähle mit vergrößerter Wanddicke angewendet werden. Die Walzhaut ist dort zu entfernen, wo eine unmittelbare und ständige Gefahr der Lokalelementenbildung entsteht.

Rostschutzanstriche oder metallische oder sonstige Überzüge sind nur wirkungsvoll, wenn sie auf metallisch reiner Oberfläche aufgebracht sind und beim Rammen und im Betrieb nicht beschädigt werden.

Im Bereich der tragenden Bodenschichten sind alle Oberflächenbehandlungen zu vermeiden, die die Mantelreibung herabsetzen.

Bei besonderer Korrosionsgefährdung können die Pfähle unter Wasser sowie im ausreichend feuchten Boden durch eine richtig bemessene und betriebene kathodische Schutzanlage gesichert werden.

²⁾ Zu beziehen beim Beuth-Vertrieb GmbH, 1 Berlin 30, 5 Köln 1, 6 Frankfurt/M.

³⁾ Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufer-einfassungen“, 5. Auflage, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin — München — Düsseldorf 1975

⁴⁾ Technische Lieferbedingungen für Stahlspundbohlen, Fassung 1967, Verkehrs- und Wirtschaftsverlag Dr. Borgmann, Dortmund, Best.-Nr. 3035

⁵⁾ Wollin, G.: „Korrosion im Grund- und Wasserbau“, Bericht des Ausschusses für Korrosionsfragen der HTG e. V., BAUTECHNIK 1963, S. 37