DEUTSCHE NORM **Entwurf** **Oktober 2015**

# DIN EN ISO 22477-10

DIN

ICS 93.020

Einsprüche bis 2015-11-11
Ersatz für
E DIN EN ISO 22477-10:2014-05

***Entwurf***

## Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen – Teil 10: Pfahlprobenbelastungen: Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung (ISO/DIS 22477-10:2015); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 22477-10:2015

Geotechnical investigation and testing –
Testing of geotechnical structures –
Part 10: Testing of piles: rapid load testing (ISO/DIS 22477-10:2015);
German and English version prEN ISO 22477-10:2015

Reconnaissance et essais géotechniques –
Essais de structures géotechniques –
Partie 10: Essai des pieux: essai de charge rapide (ISO/DIS 22477-10:2015);
Version allemande et anglaise prEN ISO 22477-10:2015

### Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-09-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 72 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22477-10:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-07 AA „Baugrund; Pfähle (SpA zu Teilen von CEN/TC 288 sowie CEN/TC 341/WG 4 und WG 7)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des Dokuments prEN ISO 22477-10 beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

— *Entwurf* —

**CEN/TC 341**

Datum: 2015-07

**prEN ISO 22477-10:2015**

CEN/TC 341

Sekretariat: BSI

# Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen — Teil 10: Pfahlprobenbelastungen: Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung (ISO/DIS 22477-10:2015)

*Reconnaissance et essais géotechniques — Essais de structures géotechniques — Partie 10 : Test des piles: test de charge rapide (ISO/DIS 22477-10:2015)*

*Geotechnical investigation and testing — Testing of geotechnical structures — Part 10: Testing of piles: rapid load testing (ISO/DIS 22477-10:2015)*

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: zweite CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.5a

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ..... 3
Einleitung ..... 4
1 Anwendungsbereich ..... 5
2 Normative Verweisungen ..... 5
3 Begriffe und Symbole ..... 6
3.1 Begriffe ..... 6
3.2 Symbole ..... 7
4 Prüfeinrichtung ..... 8
4.1 Allgemeines ..... 8
4.2 Belastung ..... 8
4.3 Messungen ..... 9
5 Prüfdurchführung ..... 12
5.1 Vorbereitung der Prüfung ..... 12
5.2 Anforderungen an die Sicherheit und Unversehrtheit ..... 13
5.2.1 Personen und Ausrüstung in der näheren Umgebung ..... 13
5.2.2 Probepfahl ..... 13
5.3 Vorbereitung des Pfahls ..... 13
5.4 Allgemeine Vorbereitungen auf die Prüfung ..... 14
5.5 Unversehrtheit von Bauwerkspfählen nach der Prüfung ..... 14
6 Prüfergebnisse ..... 14
7 Prüfbericht ..... 15
Anhang A (informativ) Auswertung der Ergebnisse der Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung ..... 17
A.1 Allgemeines ..... 17
A.2 „Unloading-Point-Methode“ (UPM) zur Bestimmung des Pfahlverhaltens unter Druck ..... 17
A.2.1 Allgemeines ..... 17
A.2.2 Auswertung eines einzelnen Belastungszyklus ..... 17
A.2.3 Auswertung von mehreren Belastungszyklen ..... 28
A.3 Korrelationen bei Pfahlgründungen ..... 37
Literaturhinweise ..... 38



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22477-10:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ erarbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten parallelen Umfrage vorgelegt.

EN ISO 22477 besteht aus den folgenden Teilen unter dem Haupttitel *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen*:

— *Teil 1: Pfahlprobenbelastungen durch statische axiale Belastungen* (in Bearbeitung);

— *Teil 5: Ankerprüfungen* (in Bearbeitung);

— *Teil 6: Prüfung von Vernagelungen* (in Bearbeitung);

— *Teil 10: Pfahlprobenbelastungen: Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung* (in Bearbeitung).

**Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO/DIS 22477-10:2015 wurde vom CEN als prEN ISO 22477-10:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# Einleitung

Diese Internationale Norm stellt die Spezifikationen für die Durchführung von Schnellprüfungen an Pfählen auf, bei denen ein einzelner Pfahl einer axialen Druckbelastung ausgesetzt wird, um sein Last-Verschiebungs-Verhalten unter Schnellbelastung zu messen sowie um eine Beurteilung seines Messwerts des Druckwiderstands und des entsprechenden Last-Verschiebungs-Verhalten zu ermöglichen. Diese Internationale Norm legt dar, wie eine Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung definiert ist und spezifiziert die erforderliche(n) Prüfausrüstung und Prüfverfahren. Die Auswertung der Prüfergebnisse der Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung umfasst eine informative, nicht normative Anleitung, die erforderlich ist, um den mobilisierten Pfahlwiderstand oder den Grenzwert des Druckwiderstands eines Pfahls zu bestimmen.

Diese Internationale Norm wurde als Teil der Normenreihe ISO 22476, *Geotechnical investigation and testing — Field testing*, erarbeitet.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Spezifikationen für die Durchführung von Schnellprüfungen an Pfählen fest, bei denen ein einzelner Pfahl einer axialen Druckbelastung ausgesetzt wird, um sein Last-Verschiebungs-Verhalten unter Schnellbelastung zu messen und um seinen Messwert des Druckwiderstands, $R_{c,m}$, sowie sein entsprechendes Last-Verschiebungs-Verhalten beurteilen zu können.

Die Festlegungen dieser Internationalen Norm gelten für Pfähle unter axialer Druckbelastung.

Sämtliche in EN 1536, EN 12699 und EN 14199 erwähnten Pfahltypen werden in dieser Internationalen Norm behandelt.

Die in dieser Internationalen Norm berücksichtigten Prüfungen beziehen sich ausschließlich auf Schnellprüfungen mit axialer Druckbelastung an Pfählen.

ANMERKUNG 1 ISO 22477-10 kann gemeinsam mit EN 1997-1 angewendet werden. Bei der Bemessung zu berücksichtigende Zahlenwerte von Teilsicherheitsbeiwerten für Grenzzustände aus Probebelastungen sind in EN 1997-1 angegeben. Für die Bemessung nach EN 1997-1 werden die Ergebnisse aus Schnellprüfungen an Pfählen mit axialer Druckbelastung nach angemessener Auswertung als gleichwertig mit dem Messwert des Druckwiderstands, $R_{c,m}$, betrachtet.

ANMERKUNG 2 Eine Anleitung zur Auswertung der Ergebnisse der Schnellprüfung an Pfählen mit axialer Druckbelastung, um den Messwert des Druckwiderstands und das entsprechende Last-Verschiebungs-Verhalten zu bestimmen, ist im informativen Anhang A angegeben.

Diese Internationale Norm enthält Spezifikationen für:

1) Untersuchungsprüfungen, bei denen ein Probepfahl bis zum Grenzzustand der Tragfähigkeit belastet wird;

2) Kontrollprüfungen, bei denen der Pfahl bis zu einer festgelegten Last beansprucht wird, welche den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit überschreitet.

ANMERKUNG 3 Im Allgemeinen konzentriert sich eine Untersuchungsprüfung auf die allgemeinen Kenntnisse zu einem Pfahltyp; eine Kontrollprüfung konzentriert sich auf eine bestimmte Pfahlanwendung.

# 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 22476 (alle Teile), *Geotechnical investigation and testing — Field testing*

ISO 22477-1, *Geotechnical investigation and testing — Testing of geotechnical structures — Part 1: Pile load test by static axially loaded compression* (in Bearbeitung)

EN 1997-1, *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 1997-2, *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# 3 Begriffe und Symbole

## 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach Eurocode EN 1997-1 und die folgenden Begriffe.

**3.1.1**
**Versuchspfahl**
Pfahl, der vor Beginn der eigentlichen Pfahlausführung auf der Baustelle oder in einem Bauabschnitt hergestellt wird, um die Eignung des gewählten Pfahltyps zu überprüfen und den Entwurf, die Abmessungen und die Tragfähigkeit zu bestätigen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Versuchspfahl darf aufgegeben werden, um den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu erreichen.

**3.1.2**
**Bauwerkspfahl**
Pfahl für die Gründung des Bauwerkes

**3.1.3**
**Probepfahl**
Pfahl, auf den Lasten aufgebracht werden, um das Widerstands-Verformungs-Verhalten des Pfahls und des umgebenden Baugrunds zu ermitteln

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem Probepfahl kann es sich um einen Versuchspfahl oder einen Bauwerkspfahl handeln.

**3.1.4**
**Pfahlbelastung**
axiale Druckbelastung (oder Kraft), die während der Prüfung auf den Kopf eines Pfahls aufgebracht wird

**3.1.5**
**Schnellbelastung**
für eine geeignete Dauer (üblicherweise weniger als 1 s) ausreichend stoßfrei auf einen Pfahl aufgebrachte, stetig ansteigende und abfallende Kraft, bezüglich des normalen Zeitraums, während dessen Druck auf den Pfahl über die volle Länge bewirkt wird, was etwa in eine Einheit während des gesamten Belastungszeitraums umgewandelt wird

**3.1.6**
**maximale Druckbelastung**
maximale axiale Druckbelastung (oder Kraft), die während der Prüfung auf den Pfahl aufgebracht wird, im Allgemeinen vor der Prüfung festgelegt

**3.1.7**
**Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung**
Pfahlprobenbelastung, bei der ein Pfahl zur Analyse seiner Tragfähigkeit einer auf den Pfahlkopf aufgebrachten schnellen axialen Druckbelastung ausgesetzt wird

**3.1.8**
**Grenzwert des Druckwiderstands eines Pfahls**
entspricht dem Zustand der signifikanten Verschiebung der Pfahlgründung bei vernachlässigbarem Anstieg des Widerstands

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Schwierigkeiten mit der Festlegung des Grenzzustands der Tragfähigkeit anhand einer stetig leicht ansteigenden Last-Setzungs-Kurve, sollte eine Setzung für die Pfahloberkante von 10 % des Durchmessers der Pfahlunterseite als Versagenskriterium angewendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Grenzwert des Druckwiderstands wird nicht direkt während einer Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung gemessen. Der bei einer Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung erhaltene Messwert des Widerstands muss ausgewertet werden, um die Auswirkungen von Trägheit und bodenabhängigem Verhalten abzuziehen, damit er als gleichwertig mit dem Grenzwert des Druckwiderstands betrachtet werden kann.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

**3.1.9**
**statischer Bemessungsdruckwiderstand eines Pfahls**
der Grenzwert des statischen Druckwiderstands eines Pfahls, der vor der Probebelastung zu bestimmen ist, um die Spezifikation der entsprechenden geeigneten Zyklengrößen für die Schnellprüfung unter axialer Belastung zu ermöglichen

**3.1.10**
**äquivalenter Durchmesser**
Durchmesser des Kreises, dessen Fläche der betreffenden Querschnittsfläche des Pfahls entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der äquivalente Durchmesser ist bei einem Pfahl mit kreisförmigem Querschnitt dessen Außendurchmesser und bei einem Pfahl mit rechteckigem Querschnitt der Durchmesser, der dieselbe Fläche wie der rechteckige Querschnitt ergibt (sofern die Länge der längsten Seite weniger als das 1,5-fache der kürzesten Seite beträgt).

**3.1.11**
**Mindestbezugsabstand**
Abstand zwischen einem feststehenden Bezugspunkt und einem Punkt, der durch das Prüfverfahren signifikanter Verschiebung unterliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ausschließlich feststehende Punkte können als Bezugspunkte für Verschiebungsmesseinrichtungen eingesetzt werden. Verschiebungsmesssysteme können ohne Isolierungsmaßnahmen (Verschiebungsausgleich) außerhalb des Bezugsabstands auf dem Boden aufgestellt werden.

**3.1.12**
**Verschiebung**
während der Prüfung gemessene axiale Verschiebung des Pfahlkopfes

## 3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

| | |
|---|---|
| $a$ | Pfahlbeschleunigung |
| $c_p$ | Geschwindigkeit der Spannungswelle innerhalb des Probepfahls |
| $c_s$ | Geschwindigkeit der Scherwelle im Boden |
| $D$ | Durchmesser oder gleichwertiger Durchmesser des Probepfahls |
| $F_c$ | Druckbelastung des Pfahls |
| $F_{c,max}$ | maximale Drucklast |
| $g$ | Schwerkraftbeschleunigung |
| $L$ | Gesamtlänge des Probepfahls |
| $R_{c,m}$ | Grenzwert des Bodenwiderstands beim Versuch, oder geotechnischer Messwert des Pfahlwiderstands |
| $r_{ref}$ | Mindestbezugsabstand |
| $t$ | Zeit |
| $t_f$ | Dauer der Schnellbelastung |
| $t_g$ | Falldauer der Masse bei Prüfausrüstung mit Fallmasse |
| $w$ | Pfahlverschiebung |

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# 4 Prüfeinrichtung

## 4.1 Allgemeines

Die Ausrüstung sollte eine Schnellbelastung des Pfahlkopfes erzeugen, wobei die Belastungsdauer Gleichung (4.1) entspricht:

$$10 < \frac{\left(t_f \times c_p\right)}{L} \leq 1000 \tag{4.1}$$

Ist eines der Prüfziele der Kenntnisgewinn hinsichtlich des Grenzwerts des Druckwiderstands eines Pfahls, muss die Leistung der Prüfausrüstung für das Erreichen des Grenzwerts des Druckwiderstands unter Schnellbelastung geeignet sein.

ANMERKUNG 1 Die während der Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung zur Messung des Grenzwerts des Druckwiderstands auf den Pfahlkopf aufgebrachte Kraft darf den Bemessungsdruckwiderstand eines Pfahls in bestimmten Bodenarten um das 2-fache oder 3-fache überschreiten. Die Notwendigkeit, solche hohen Belastungen aufzubringen, ist zu berücksichtigen, wenn Ausrüstung und Pfahlmaterialien festgelegt werden.

Werden bei einer Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung eine oder mehrere der in dieser Internationalen Norm angegebenen Anforderungen nicht erfüllt, sollte nachgewiesen werden, dass diese mangelnde Übereinstimmung keinen Einfluss auf das Erreichen der Prüfziele hat, bevor die Ergebnisse als eine Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung ausgewertet werden können.

ANMERKUNG 2 Bei langen Pfählen, deren Kriterien in Gleichung (4.1) überschritten werden, oder wo Gesteinsköcher ungleichmäßige Belastungen am Pfahl erzeugen, sind Pfahlverankerungseinrichtungen und besondere Analysen erforderlich. Zusätzliche Einrichtungen sollten 4.3 entsprechen.

Systeme der Schnellbelastung beruhen auf einer Masse, die als Belastung auf den Pfahl aufgebracht wird. Das geschieht entweder durch eine entgegengesetzt beschleunigte Masse nach oben, bezeichnet als entgegengesetztes Beschleunigungssystem einer Masse, oder durch Fallenlassen einer Masse, bezeichnet als Fallsystem einer Masse. In beiden Fällen wird die Aufwärts- oder Abwärtsbewegung der Masse überwacht, um die erforderliche Belastungsdauer nach 4.1 zu erreichen. Um exzentrische Belastung von Pfählen zu vermeiden und für zusätzliche Sicherheitsaspekte sollte die Bewegung der Masse während der Prüfung mit entgegengesetzter Beschleunigung der Masse und der Fallmasse geführt werden.

## 4.2 Belastung

Bei der Auswahl der Belastungsausrüstung ist Folgendes zu berücksichtigen:

— das Prüfziel;

— die Baugrundbedingungen;

— die maximale Belastung des Pfahls ($F_{c,max}$);

— die Festigkeit des Pfahl(werkstoff)s;

— die Durchführung der Prüfung;

— Sicherheitsaspekte.

Die Belastungsausrüstung muss eine Kraft entsprechend den Anforderungen nach 4.1 erzeugen und die erforderliche maximale Druckkraft erreichen, um einen festgelegten Druckwiderstand oder den Grenzwert des Druckwiderstands eines Pfahls zu mobilisieren.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

Bei Prüfung eines Probepfahls mit mehreren Belastungszyklen, beginnend mit niedrigem Belastungszyklus, sollte die maximale Kraft bei jedem Belastungszyklus höher als beim jeweils vorangegangenen Belastungszyklus sein. Das Aufbringen der Belastungszyklen sollte so durchgeführt werden, dass kein Potential für eine ungesteuerte erneute Belastung des Pfahls vorhanden ist. Das erfordert, dass die Einrichtung über einen Mechanismus zum Auffangen der Masse verfügt.

Die Ausrüstung muss den Pfahl genau entlang der Richtung der Pfahlachse belasten. Die Exzentrizität der Belastung muss weniger als 10 % des äquivalenten Durchmessers betragen. Die Abweichung oder Exzentrizität der Ausrichtung der Kraft auf die Pfahlachse muss weniger als 20 mm/m betragen. Die exzentrische Belastung des Pfahls ist zulässig, wenn dies während der Pfahlbemessung ausdrücklich zugelassen sowie nachgewiesen wurde, dass dadurch keine Beeinträchtigungen der Leistung der Prüfausrüstung auftreten.

Die Spannung im Pfahl unter maximaler Belastung darf die zulässige Spannung des Pfahlwerkstoffs nicht überschreiten.

## 4.3 Messungen

Vor einer Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung sind zwei Variablen direkt zu messen, wenn die Reaktionsmasse vor der Prüfung mit dem Pfahlkopf in Berührung kommt (nicht für alle Ausrüstungstypen erforderlich):

— die auf den Pfahlkopf aufgebrachte Kraft;

— die Verschiebung des Pfahlkopfes.

Während einer Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung sind drei Variablen in Abhängigkeit von der Zeit ($t$) zu messen:

— die auf den Pfahlkopf aufgebrachte Kraft ($F_c$);

— die Verschiebung des Pfahlkopfes ($w$);

— die Beschleunigung des Pfahlkopfes ($a$).

Messwertaufnehmer und Signalverarbeitung müssen den Anforderungen nach Tabelle 1 bis Tabelle 4 entsprechen. Das Abtasten muss mindestens 50 ms vor Beginn der Belastung beginnen und mindestens 500 ms andauern. Wenn die Belastungsdauer mit sich bringt, dass die Abtastdauer von 500 ms überschritten wird, muss die Abtastdauer erhöht werden, um den gesamten Vorgang aufzunehmen sowie den erforderlichen folgenden Vorgang. Alle Messwertaufnahmen müssen synchronisiert werden. Die Messwertaufnehmer müssen über eine ausreichenden Messbereich verfügen, damit ein erneutes Einstellen während der Prüfung vermieden wird. Die gesamte Ausrüstung muss während des Pfahleinbaus und der Prüfverfahren beständig bleiben.

**Tabelle 1 — Allgemeine Anforderungen an Messwertaufnehmer und Signalverarbeitung bei der Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung**

| Kenngrößen | Anforderung |
|---|---|
| Messfrequenz | ≥ 4 000 Messungen je Sekunde |
| Dauer vor der Messung | ≥ 50 ms |
| Dauer nach der Messung | ≥ 300 ms |
| Tiefpassfilter-Grenzfrequenz | ≥ 1 kHz |

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

**Tabelle 2 — Belastungsanforderungen an Messwertaufnehmer und Signalverarbeitung bei der Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung**

| Kenngrößen | Anforderung |
|---|---|
| Maximale Belastung | > Höchstwert der Prüfbelastung |
| Linearität | < 2 % des erreichten Höchstwertes |
| Hysterese | < 2 % des erreichten Höchstwertes |
| Ansprechzeit | < 0,1 ms |

**Tabelle 3 — Beschleunigungsanforderungen an Messwertaufnehmer und Signalverarbeitung bei der Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung**

| Kenngrößen | Anforderung |
|---|---|
| Anzahl der Messwertaufnehmer | ≥ 1 |
| Resonanzfrequenz | > 5 kHz |
| Linearität | Bis einschließlich 50 $g$ |

**Tabelle 4 — Verschiebungsanforderungen an Messwertaufnehmer und Signalverarbeitung bei der Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung**

| Kenngrößen | Anforderung |
|---|---|
| Bereich | > 50 mm und $D$/10, je nachdem, welcher Wert größer ist |
| Fehlergrenze | ± 0,25 mm |
| Ansprechzeit | < 0,1 ms |

Vor und nach jedem Belastungszyklus ist die Höhe des Pfahlkopfes im Verhältnis zu einem Punkt außerhalb des Mindestbezugsabstands mittels optischer Nivellierung zu bestimmen. Die Messungen mit der optischen Nivellierung müssen durch den Bezug zu einem oder mehreren festen Bezugspunkten überwacht werden und sollten mit einer Messunsicherheit von ± 1 mm durchgeführt werden.

Die Grundfläche eines Verschiebungsmesssystems für die Prüfung (wenn am Boden angeordnet) sollte nicht näher als der Mindestbezugsabstand vom Pfahl entfernt liegen. Dies ist am Prüfort zu überprüfen. Kann der Mindestbezugsabstand für ein Verschiebungsmesssystem nicht eingehalten werden oder keine schwingungsfreie Messung durchgeführt werden, sollte dieses auf einer schwingungsfreien Grundfläche, wie etwa ein benachbarter Pfahl, aufgestellt oder daran befestigt werden.

Der Mindestbezugsabstand ist zu messen ausgehend vom:

— Pfahl bei Prüfung mit entgegengesetzt beschleunigter Masse; oder

— nächstliegenden Auflager der Ausrüstung zum nächsten Pfahl bei Prüfung mit Fallmasse.



AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

Der Wert des Mindestbezugsabstands sollte mindestens 15 m betragen und

— bei Prüfung mit entgegengesetzt beschleunigter Masse mindestens dem zurückgelegten Weg der Scherwellen im Boden während der Belastungsdauer ($t_f$) entsprechen, d. h. $r_{ref} = c_s \times t_f$; oder

— bei Prüfung mit Fallmasse mindestens dem zurückgelegten Weg der Scherwellen im Boden während der Falldauer der Masse ($t_g$) und der anschließenden Belastung ($t_f$) entsprechen, d. h. $r_{ref} = c_s \times (t_g + t_f)$.

Die auf den Pfahl aufgebrachte Last ist direkt mit einer zu diesem Zweck gestalteten kalibrierten Kraftmessdose festzulegen, die nicht Bestandteil des Pfahls ist. Die Anwendung der am Pfahl angebrachten Dehnungsmessstreifen, um äußere Lasteinwirkungen auf Pfähle aus Stahl oder Beton abzuleiten, darf nur unter besonderen Umständen berücksichtigt werden, wenn keine Kraftmessdose verfügbar und die Steifigkeit des Pfahlwerkstoffs aus der Zertifizierung des Herstellers bekannt ist oder direkt durch Prüfung der Werkstoffelemente der zu prüfenden Pfähle nachgewiesen wurde. Für an Ort und Stelle gegossene Betonpfähle sollte eine zu diesem Zweck gestaltete kalibrierte Kraftmessdose verwendet werden, oder wenn am Pfahl angebrachte Dehnungsmessstreifen, um äußere Lasteinwirkungen auf Pfähle aus Stahl oder Beton abzuleiten, verwendet werden, sollten diese für die spezifischen zu prüfenden Pfähle gegen die Ablesungen der Kraftmessdose kalibriert werden.

An der Oberfläche angebrachte Dehnungsmessstreifen sollten als diametral entgegen gesetzte Paare angebracht sein. Werden einbindende Dehnungsmessstreifen verwendet, um die Prüfergebnisse zu ergänzen, oder wenn die Kriterien in Gleichung (4.1) überschritten sind, sollten Dehnungsmessstreifen oder Vorrichtungen für Dehnungsmessstreifen an den Verstärkungsstreben befestigt oder in den Beton von Betonpfeilern eingebunden werden, oder wenigstens in diametral entgegen gesetzten Paaren in jeder zu berücksichtigenden Tiefe an den Seiten von Stahlpfählen angebracht sein. Wenn Dehnungsmessstreifen in Betonpfähle eingebunden sind, ist es empfehlenswert, dass mindestens drei Vorrichtungen in jeder zu berücksichtigenden Tiefe verwendet werden sollten. Um die Dehnungsbelastung zu bestimmen, müssen der Querschnitt und der Elastizitätsmodul des Pfahlwerkstoffs beurteilt werden. Bei dieser Festlegung sind alle im Pfahl vorhandenen Werkstoffe zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Belastungsmessaufnehmer, die auf Schwingseitentechnologie beruhen, sind im Allgemeinen für die Überwachung von Schnellprüfungen unter axialer Druckbelastung nicht geeignet, stattdessen sollten auf Dehnungsmessstreifen beruhende Messgeräte verwendet werden.

Alle Belastungen sowie die Setzung (> 1 % der zu erwartenden statischen Tragfähigkeit des Pfahls) nach der Einbringung des Pfahls sind zu messen. Dies schließt alle Arten statischer Vorbelastung des Pfahls ein. Außerdem müssen jede zusätzliche Ausrüstung oder Bestandteile des Belastungssystems, das/die während der Lastaufbringung mit dem Pfahl verbunden oder in Berührung mit ihm ist/sind und zum Trägheitswiderstand des Pfahles beitragen können, eine bekannte Masse aufweisen. Die Masse dieser zusätzlichen Ausrüstung oder Bestandteile des Belastungssystems muss als Teil der Ergebnisse der Pfahlprobenbelastung aufgezeichnet werden.

Die gesamte Ausrüstung, mit der während der Prüfung die Belastung, Verschiebung und Beschleunigung gemessen werden, muss kalibriert werden. Die Ausrüstung muss regelmäßig überprüft werden. Die Ergebnisse dieser Überprüfungen sind aufzuzeichnen und mit den Unterlagen der jüngsten Kalibrierung aufzubewahren. Diese Daten sind vor Beginn der Prüfung zur Verfügung zu stellen. Sofern zutreffend, sollte die Lastmesseinrichtung gegen eine geeignete Haupteinrichtung mit vollständiger Rückverfolgbarkeit kalibriert werden.

ANMERKUNG 2 Die Kalibrierung der Belastungsmesseinrichtung kann nach einer nationalen Norm oder ISO 7500 erfolgen.

ANMERKUNG 3 Die zeitlichen Abstände zwischen den Überprüfungen und Kalibrierungen sind nicht vorgeschrieben, da die Gültigkeitsdauer einer Kalibrierung stark von der Art des Messgeräts abhängen kann. Die Überprüfungen sollten jedoch so detailliert sein, dass sichergestellt werden kann, dass alle Messeinrichtungen während der Prüfung gültige Werte anzeigen. Die Durchführung der Überprüfungen direkt vor der Prüfung ist vorzuziehen, um den Einfluss von Transport und Zeit zu vermeiden. Unter einigen Umständen, z. B. bei häufiger Nutzung oder anderen Bestandteilen oder angenommenem Schaden können eine zusätzliche Kalibrierung und Überprüfung erforderlich sein.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# 5 Prüfdurchführung

## 5.1 Vorbereitung der Prüfung

Im Vorfeld der Prüfung ist ein Plan für die Durchführung zu erstellen, der mit dem in Abschnitt 7 geplanten Abschlussbericht in Einklang steht. Der Plan muss Folgendes umfassen:

— Prüfziele;

— Baugrundbedingungen auf der Grundlage von entsprechenden Bodenuntersuchungen;

— Prüfdatum;

— topografische Lagen, Typen und Spezifikationen der Probepfähle;

— zulässige Höchstwerte für die auf den Pfahlkopf einwirkende Belastung und Verschiebung des Pfahls/der Pfähle;

— erforderliche Verschiebung des Pfahls und auf den Pfahlkopf einwirkende Belastung;

— Spezifikation der Belastungseinrichtung;

— Spezifikationen der Messeinrichtungen und Kalibrierungszertifizierungen, wo zutreffend;

— Spezifikationen zusätzlicher Messeinrichtungen;

— Anzahl der Belastungsschritte und Zielwert der maximalen Belastung für jeden Schritt;

— Überprüfung der Zulässigkeit der erwarteten auf den Pfahl einwirkenden Belastung und Verschiebung des Pfahls in Bezug auf die zulässigen Höchstwerte;

— Dauer der Messung der Prüfzyklen und Abtastfrequenz;

— Plan des Prüforts;

— Zeitplan;

— Personalliste mit Angabe des Verantwortlichen für Überwachung, Sicherheit, Prüfdurchführung, Datenaufzeichnung und andere Aufgaben;

— sicherheitstechnische Anforderungen;

— gesetzlich vorgeschriebene Genehmigungen für die Handhabung der Ausrüstung, sofern zutreffend;

— logistische Anforderungen am Einsatzort (z. B. ebener Boden, Anforderungen an und Einschränkungen für Fahrzeuge, Hebeanlage, Raum zum Arbeiten am Pfahl usw.).

Es ist empfehlenswert, dass der Plan für die Durchführung mindestens sieben Tage vor Beginn der Prüfungen verfügbar ist.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

## 5.2 Anforderungen an die Sicherheit und Unversehrtheit

### 5.2.1 Personen und Ausrüstung in der näheren Umgebung

Die Sicherheit von Personen und der Ausrüstung im Umgebungsbereich muss während der Durchführung der Prüfung angemessen berücksichtigt sein. Der Abstand zwischen der nächsten Person und der Prüfausrüstung muss mindestens dem 2-fachen der über dem Boden gemessenen Höhe der Prüfausrüstung entsprechen.

Personen in benachbarten Gebäuden, die möglicherweise von der Prüfung betroffen sind, müssen über die Art der Prüfung und den Zeitplan in Kenntnis gesetzt werden.

Behinderungen von schwingungsempfindlichen Prozessen in benachbarten Gebäuden sollten verhindert werden, sofern möglich. Wenn die Prüfung in der Nähe von Gebäuden stattfindet, sollten das Alter, die Unversehrtheit und die Konstruktion der Gebäude berücksichtigt werden.

### 5.2.2 Probepfahl

Der Probepfahl sollte so bemessen, gefertigt und eingebracht werden, dass er bei der Prüfung von der auf den Probepfahl aufgebrachten maximalen Last nicht beschädigt werden sollte.

ANMERKUNG Während einer Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung kann der Probepfahl mit einer Kraft beaufschlagt werden, welche den Wert für die vergleichbare statische Prüfbelastung um das 2-fache oder mehr überschreiten kann. Die Probepfähle sollten so bemessen sein, dass sie den resultierenden höheren Druckbeanspruchungen widerstehen können.

Bei Bauwerkspfählen ist die maximale Verschiebung des Pfahlkopfes vor Prüfbeginn zu vereinbaren. Die Verschiebung des Pfahlkopfes darf 10 % des (äquivalenten) Durchmessers unter normalen Umständen ohne die vorherige Zustimmung aller beteiligten Parteien nicht überschreiten.

## 5.3 Vorbereitung des Pfahls

Der Pfahlkopf muss flach, eben und senkrecht zur Pfahlachse sein.

Unversehrtheit und Tragfähigkeit des Pfahls müssen für die Aufnahme der geplanten Prüfbelastung ausreichen. Gibt die Einbringung des Pfahls Anlass zu Zweifeln an dessen Unversehrtheit, ist der Pfahl einer Schallprüfung zu unterziehen oder mit anderen Mitteln zu prüfen, oder die Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung in mehreren Schritten mit steigender Belastung des Pfahls ist durchzuführen.

ANMERKUNG Zweifel an der Unversehrtheit eines Pfahls können durch unerwartetes Verhalten während der Konstruktion, wie z. B. Rammwiderstand, Zementverbrauch, Bohrfortschritt, entstehen. Bei der Abweichung kann es sich um eine Abweichung von erwarteten Werten oder die Abweichung eines bestimmten Pfahls von anderen am Ausführungsort oder an einem vergleichbaren Ort hergestellten Pfählen handeln.

Der Probepfahl muss oberhalb der Geländeoberkante eine für das Anbringen von Messeinrichtungen ausreichende Länge aufweisen. Alle Beschleunigungsaufnehmer sind fest an oder auf dem Pfahlkopf anzubringen und müssen gut zu sehen sein.

Zwischen der Einbringung des Probepfahls und dem Prüfbeginn muss ausreichend Zeit liegen, um sicherzustellen, dass die erforderliche Festigkeit des Pfahlwerkstoffs erreicht ist und der Baugrund sich vom Prozess der Pfahleinbringung sowie der Ableitung der Porenwasserdrücke und anderen Einwirkungen erholen kann, wie z. B. mechanisch erzeugte Wärme durch Bohrungen oder Aushärten von Beton. Während dieser Zeit darf der Pfahl nicht durch Belastung, Stoß oder Schwingungen oder andere äußere Einflüsse gestört werden.

Zeitspannen zwischen Einbringung und Prüfung eines Pfahls sollten Tabelle 5 entnommen werden. Bei entsprechender Begründung können alternative Zeitspannen festgelegt werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

**Tabelle 5 — Zeitspannen zwischen Einbringung und Prüfung eines Pfahls**

| Typ des Probepfahls | Bodentyp | Pfahltyp | Mindestzeit [Tage] |
|---|---|---|---|
| Probepfahl | Nicht bindig | Alle | 7 |
| | Bindig | Bohrpfahl | 21 |
| | | Verdrängungspfahl | 35 |
| Bauwerkspfahl | Nicht bindig | Alle | 5 |
| | Bindig | Bohrpfahl | 14 |
| | | Verdrängungspfahl | 21 |
| Bei entsprechender Begründung können alternative Zeitspannen festgelegt werden.<br>ANMERKUNG Die Zeitspannen entsprechen ISO 22477-1 (in Bearbeitung), 5.2.3. | | | |

### 5.4 Allgemeine Vorbereitungen auf die Prüfung

Die empfindlichen Teile der Prüfausrüstung sind vor der Witterung (Regen, Wind, direkte Sonneneinstrahlung) und anderen Störungen zu schützen.

Alle Systembestandteile sind während aller Phasen von Ausführung und Prüfung gegen Beschädigung zu schützen. Besondere Aufmerksamkeit ist den Kabeln zu widmen.

Alle anderen Vorgänge vor Ort, welche die Messungen beeinflussen könnten, z. B. Schwingungen aufgrund von Verkehr in der näheren Umgebung oder Pfahlrammen, sollten vermieden werden, sofern möglich. Es sollte eine alternative Prüfung geplant werden, um Zeitspannen mit erheblicher Betätigung vor Ort zu vermeiden.

### 5.5 Unversehrtheit von Bauwerkspfählen nach der Prüfung

Der Pfahl ist einer Schallprüfung zu unterziehen, wenn die Prüfergebnisse Anlass zu Zweifeln an der Unversehrtheit des Pfahls nach der Prüfung geben.

ANMERKUNG Zweifel an der Unversehrtheit eines Pfahls können durch unerwartetes Verhalten während der Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung entstehen. Bei der Abweichung kann es sich um eine Abweichung von erwarteten Werten oder die Abweichung eines bestimmten Pfahls von anderen am Ausführungsort oder an einem vergleichbaren Ort geprüften Pfählen handeln.

## 6 Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse müssen aus den folgenden zeitabhängigen Funktionen bestehen, wobei alle Zeitmessungen auf einer gemeinsamen Grundlage erfolgen müssen:

— die vom Belastungssystem auf den Pfahlkopf aufgebrachte Kraft in Abhängigkeit von der Zeit;

— die Verschiebung des Pfahlkopfes in Abhängigkeit von der Zeit;

— die Beschleunigung des Pfahlkopfes in Abhängigkeit von der Zeit.

Alle Prüfergebnisse müssen unmittelbar nach der Prüfung in Diagrammform sowie digital in einem lesbaren Textformat vorliegen. Alle Ergebnisse sind anhand von Kalibrierfaktoren zu korrigieren und in technischen Einheiten vorzulegen. An den Messsignalen vorgenommene Korrekturen sind schriftlich und in den digitalen Datensätzen festzuhalten. Messergebnisse in technischen Einheiten sollten vor jeder weiteren Auswertung im Format Open Access, wie etwa ASCII, zugänglich gemacht werden.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

Die Messungen der Pfahlhöhen durch unabhängige optische Messungen vor und nach jedem Belastungszyklus sind festzuhalten. Alle anderen Messwerte, wie z. B. Temperatur vor Ort, Betonprobenprüfungen, Ablesungen der optischen Pfahlhöhe, Pfahlform, statische Prüfungen vor Ort, sofern zutreffend, sind ebenfalls im Prüfbericht festzuhalten.

Das Schnellbelastungs-Setzungs-Diagramm ist zu erstellen. Dieses Diagramm ist eine Darstellung der gemessenen Verschiebung des Pfahlkopfes in Abhängigkeit von der gemessenen Kraft, die auf den Pfahlkopf wirkt, ohne jede Korrektur. Wenn mehrere Belastungszyklen auf einen einzelnen Pfahl aufgebracht werden, sollten für jeden Zyklus eigene Belastungs-Setzungs-Diagramme vorgelegt werden. Zusätzlich sollte ein einzelnes Diagramm erstellt werden, auf dem sämtliche einzelnen Belastungs-Setzungs-Diagramme ohne Korrektur vorhanden sind, wobei die anfängliche Verschiebung bei jedem Zyklus auf der Grundlage der Pfahlhebung vor der Aufbringung des einzelnen Belastungszyklus berechnet ist.

ANMERKUNG Weitere Angaben zur Auswertung sind in Anhang A dargelegt. Wirkungen, wie z. B. durch Geschwindigkeit (einschließlich Kriechverformung), Porenwasserüberdrücke und Trägheit (aufgrund von Beschleunigung), können bei der Schnellprüfung unter axialer Druckbelastung aufgebracht werden und von den bei einer vergleichbaren Prüfung unter axialer statischer Druckbelastung zu erwartenden Wirkungen abweichen.

Eine Kopie aller Ergebnisse ist im Prüfbericht festzuhalten und auf einem Speichermedium in einem Open Access-Format, wie etwa ASCII, zu sichern.

Sofern erforderlich, ist die Geschwindigkeit des Pfahlkopfes durch Integration der Beschleunigungsmesswerte in Abhängigkeit von der Zeit zu berechnen. Die Geschwindigkeit und die Beschleunigung des Pfahlkopfes sind nur dann durch Differenzierung der gemessenen Verschiebung in Abhängigkeit von der Zeit zu berechnen, wenn auf Beschleunigungsmessern beruhende Messungen keine zufriedenstellenden Ergebnisse hervorgebracht haben. Die Ableitung der Pfahlgeschwindigkeit aus direkten Beschleunigungsmessungen muss hier die bevorzugte Wahl sein. Die Berechnung der Verschiebung des Pfahlkopfes durch zweifache Integration der Beschleunigungsmesswerte in Abhängigkeit von der Zeit ist nur zulässig, wenn der letzte Satz von Werten durch direkte optische Verschiebungsmessung überprüft wird.

## 7 Prüfbericht

Es ist ein Tatsachenbericht für alle Belastungsprüfungen zu erstellen. Sofern zutreffend, muss dieser Prüfbericht Folgendes enthalten:

**a Verweisung auf alle zutreffenden Normen;**

**b allgemeine Angaben zu Prüfort und Prüfprogramm:**

— topographische Lage des Prüforts einschließlich der Festlegung der Bezugsbasis für die Höhe, die als Bezug für Höhenmessungen verwendet wird;

— allgemeine Beschreibung des Prüforts;

— Zweck der Prüfung;

— Prüfdatum;

— das vorgesehene und das durchgeführte Prüfprogramm;

— Name der Organisation, welche die Prüfung durchgeführt hat;

— Name der Organisation, welche die Prüfung überwacht hat;

**c Angaben zu den Baugrundbedingungen:**

— Baugrundbedingungen mit Verweisung auf maßgebliche Berichte der Baugrunduntersuchung;

— Beschreibung der Baugrundbedingungen, insbesondere in der unmittelbaren Umgebung des Probepfahls.

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

**d Spezifikationen hinsichtlich des/der Probepfahls/-pfähle:**

— Pfahltyp, Grund für die Prüfung und Kennnummer des Pfahls;

— topographische Lage und Höhe des Probepfahls in Bezug zu einer örtlichen Bezugsbasis;

— Pfahldaten, wie z. B. Geometrie (mindestens einschließlich der Pfahlgesamtlänge $L$ und des Durchmessers $D$ oder eines gleichwertigen Durchmessers), Höhe von Ober- und Unterseite, Pfahlwerkstoff (einschließlich Werkstoffdichte, sofern bekannt) und Verstärkung;

— Datum der Einbringung;

— Beschreibung der Pfahleinbringung sowie alle Beobachtungen bei der Ausführung;

— Aufzeichnungen zur Einbringung, wie z. B. Pfahlrammprotokolle, Betonverbrauch, Bohrfortschritt;

— Prüfberichte zur Qualität des Pfahlwerkstoffs oder Spezifikation (sofern zutreffend)

— Bericht zur Unversehrtheitsuntersuchung, falls diese vor der Prüfung durchgeführt wurde.

**e Spezifikationen hinsichtlich der Prüfung:**

— die festgelegte maximale Prüfbelastung;

— die Anzahl der Belastungszyklen und die erwarteten Belastungswerte;

— Einzelheiten der Pfahlkopfplatte;

— eine Beschreibung des Belastungsgeräts und der Messeinrichtungen und die Reaktion oder das Massesystem;

— Angaben zur potenziellen Energie für jeden Belastungszyklus (Fallhöhe, Masse, Brennstoffverbrauch);

— Kalibrierungsdokumente für die Kraftmessdosen, Beschleunigungsmesser und Verschiebungsmesseinrichtungen;

— der Abstand zwischen Pfahl und Verschiebungsmesseinrichtung;

— Einzelheiten zum Einbau der Ausrüstung für die Pfahlprobenbelastung anhand von Zeichnungen und/oder Fotos.

**f Prüfergebnisse:**

— entsprechend Abschnitt 6, einschließlich der digitalen Daten in numerischer Form und der technischen Einheiten;

— das Last-Verschiebungs-Diagramm für jeden Belastungszyklus der Schnellbelastung anhand der Messsignale und erforderliche Diagramme für die Multi-Zyklus-Prüfung an einem einzelnen Pfahl, sofern vorgenommen;

— die Verschiebung bei jedem Zyklus als Ergebnis der Schnellbelastung;

— die Ergebnisse der hochpräzisen optischen Nivellierung;

— Bericht zur Unversehrtheitsuntersuchung, falls diese vor der Prüfung durchgeführt wurde.

**g Gründe für Abweichungen von EN ISO 22477-10:**

Enthält der Bericht eine Auswertung der gemessenen Prüfergebnisse, sind die folgenden Angaben hinzuzufügen:

— das für die Auswertung angewendete Verfahren;

— das abgeleitete Last-Verschiebungs-Diagramm für die statische Belastung;

— Einzelheiten zur Handhabung von Geschwindigkeitswirkungen oder bodenabhängigen Korrekturen;

— Einzelheiten zur Handhabung von Trägheitswirkungen;

— Einzelheiten zur Handhabung von Wirkungen von Porenwasserüberdruck (sofern berücksichtigt).



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

# Anhang A
(informativ)

# Auswertung der Ergebnisse der Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung

## A.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält eine informative Anleitung zu einem Verfahren der Auswertung der Ergebnisse der Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung (siehe [3]). Diese informative Anleitung ist nicht als verpflichtende Vorgabe oder als Einschränkung der Auswertungsverfahren, die durchgeführt werden dürfen, zu verstehen. Weitere Anleitungen zu geeigneten Auswertungsverfahren sollten von dem fachkundigen Unternehmen für Pfahlprobenbelastungen, das die Prüfungen durchführt, angefordert werden, da alternative Verfahren vorhanden sind (siehe [1], [3], [4]). Die Anwendung der informativen Anleitung zur Auswertung der Ergebnisse der Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung sollte nicht davon abhalten, alternative Auswertungsverfahren zu nutzen, einzuführen oder zu entwickeln.

Die gemessenen Ergebnisse einer Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung an einem Pfahl sollten nicht als gleichwertig mit dem Messwert des Druckwiderstands $R_{c,m}$ gesehen werden, ohne dass die Auswirkungen der erhöhten Pfahlbeschleunigung und übermäßigen Geschwindigkeit im Vergleich zu den in einer statischen Pfahlprobenbelastung eingeführten Werte auf geeignete Weise korrigiert werden.

## A.2 „Unloading-Point-Methode“ (UPM) zur Bestimmung des Pfahlverhaltens unter Druck

### A.2.1 Allgemeines

Ergebnisse von Schnellprüfungen mit axialer Druckbelastung können mit der „Unloading-Point-Methode“ (UPM) analysiert werden, um den Messwert des Druckwiderstands $R_{c,m}$ und das entsprechende Verformungsverhalten unter Last zu bestimmen. Der Ansatz kann entweder für einen einzelnen Belastungszyklus oder für mehrere Belastungszyklen (an einem einzelnen Pfahl) verwendet werden, wie erforderlich. Das Auswertungsverfahren zur Bestimmung des Messwerts des Druckwiderstands $R_{c,m}$ und des entsprechenden Verformungsverhaltens unter Last beruht auf der in [3] angegebenen Technik.

### A.2.2 Auswertung eines einzelnen Belastungszyklus

Schnellprüfungen mit axialer Druckbelastung dürfen mittels eines einzelnen Belastungszyklus oder durch mehrere Belastungszyklen durchgeführt werden. In A.2.2 wird die Auswertung eines einzelnen Belastungszyklus behandelt.

Die Durchführung einer Auswertung eines einzelnen Belastungszyklus ist nachstehend in Bild A.1 bis einschließlich Bild A.3 dargestellt, um die Schritte der Durchführung zu verdeutlichen. Der Prozess ist folgender:

a) Ermittlung der gemessenen Signale der Schnellprüfung mit axialer Druckbelastung.

b) Berechnung des durch die Trägheit korrigierten mobilisierten Pfahlwiderstands am Punkt der maximalen Setzung (unloading point);

— Die erforderlichen Pfahleigenschaften zur Berechnung der Pfahlmasse, $m$ (Querschnittsbereich des Pfahls, Pfahllänge, Dichte des Pfahlwerkstoffs, Aufzeichnungen des Betonvolumens zur Pfahlausbildung) werden ermittelt sowie die Masse jeglicher weiterer Komponenten, die zum Trägheitswiderstand des Pfahls beitragen.

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

— Ermittlung der Schwankung von Kraft ($F$), Geschwindigkeit ($v$), Verschiebung ($w$) und Beschleunigung ($a$) abhängig von der Zeit ($t$) bei einem einzelnen Belastungszyklus.

— Der Zeitpunkt ($t_{w\text{-}max}$) während der Prüfung, zu dem der Messwert der Pfahlgeschwindigkeit 0 m/s beträgt oder einen in der unmittelbaren Nähe liegender Wert, wird festgelegt. Dieser wird als Punkt der maximalen Setzung betrachtet.

— Die Größe der Kraft, gemessen bei $t_{w\text{-}max}$, $F_{c,tw\text{-}max}$ wird festgelegt.

— Die Beschleunigungsgröße bei $t_{w\text{-}max}$, $a_{tw\text{-}max}$ wird festgelegt.

— Gleichung (A.1) wird gelöst, um den durch die Trägheit korrigierten Pfahlwiderstand bei $t_{w\text{-}max}$ festzulegen.

$$R_{c,ic,tw\text{-}max} = F_{c,tw\text{-}max} - (m \times a_{tw\text{-}max}) \quad \text{(A.1)}$$

Dabei ist

$a_{tw\text{-}max}$ der Messwert der Beschleunigung bei $t_{w\text{-}max}$ während der Prüfung;

$F_{c,tw\text{-}max}$ der Messwert der Kraft bei $t_{w\text{-}max}$ während der Prüfung;

$m$ die Masse des Pfahls und sämtlicher Komponenten, die zum Trägheitswiderstand des Pfahls beitragen;

$R_{c,ic,tw\text{-}max}$ der durch die Trägheit korrigierte Pfahlwiderstand bei $t_{w\text{-}max}$;

$t_{w\text{-}max}$ der Zeitpunkt kurz nach Beginn und vor dem Ende der Lastaufbringungsphase der Prüfung, wenn die Pfahlgeschwindigkeit 0 m/s oder einen naheliegenden Wert beträgt.

c) Korrektur des durch die Trägheit korrigierten Pfahlwiderstands für die bodenabhängigen empirischen Kenngrößen.

— Die auf den Empfehlungen in Tabelle A.1 beruhenden bodenabhängigen empirischen Kenngrößen werden festgelegt und der korrigierte abgeleitete statische Pfahlwiderstand, $R_{c,corrected}$, wird nach Gleichung (A.2) berechnet.

— Die Verschiebungsgröße bei $t_{w\text{-}max}$, $w_{tw\text{-}max}$ wird festgelegt.

$$R_{c,corrected} = \eta \times (R_{c,ic,tw\text{-}max}) \quad \text{(A.2)}$$

Dabei ist

$R_{c,corrected}$ der korrigierte mobilisierte Widerstand bei $w_{tw\text{-}max}$;

$w_{tw\text{-}max}$ die Pfahlverschiebungsgröße bei $t_{w\text{-}max}$;

$\eta$ die bodenabhängige empirische Kenngröße.

Wenn nachgewiesen werden kann, dass das mobilisierte Pfahlverformungsverhalten unter Last bei $t_{w\text{-}max}$ der Lastgrenze des Pfahls entspricht, dann darf $R_{c,corrected}$ als gleichwertig mit dem Messwert des Druckwiderstands des Pfahls $R_{c,m}$ betrachtet werden.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

**Tabelle A.1 — Auswahl der bodenabhängigen empirischen Kenngröße $\eta$**

| Pfahltyp | Verschiebung | Verschiebung | Keine Verschiebung |
|---|---|---|---|
| Art des Bodens | Ton | Sand | Sand |
| Empirischer Faktor, $\eta$ | 0,66 | 0,94 | 1,11 |
| Standardabweichung | 0,32 | 0,15 | 0,31 |
| Variationskoeffizient | 0,49 | 0,15 | 0,28 |
| Anzahl der Fälle | 12 | 22 | 8 |
| Anzahl der Prüforte | 6 | 10 | 3 |

Die in Tabelle A.1 dargestellten Werte beruhen auf in [3] vorgestellten Daten. Die in Tabelle A.1 dargestellten Werte sind als Art des Bodens (Sand/Ton) und Pfahleinbringverfahren angegeben. Wo der Boden sich durch den Pfahl während der Einbringung verschoben hat, gilt der Pfahl als Verschiebungspfahl. Wo der Boden während der Pfahleinbringung bewegt wurde, gilt der Pfahl als Nicht-Verschiebungspfahl. Die originalen Verweise zu jedem Fall, der zum Erstellen dieser Werte verwendet wurden, sind in [3] angegeben.

ANMERKUNG 1 Nur Fälle mit Verschiebung des Pfahlkopfes von mehr als 5 % des entsprechenden Pfahlquerschnitts werden in Tabelle A.1 berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Die Schwankung der Werte in Tabelle A.1 ist besonders für Tonböden maßgeblich. Ein Alternativvorschlag für ein Auswahlverfahren des empirischen Faktors, das auf gemessenen Bodeneigenschaften beruht, kann [1] entnommen werden.

ANMERKUNG 3 Eine Anleitung zur Auswertung in Ton- und geschichteten Böden ist außerdem in [6] angegeben.

d) Festlegung der Anfangssteifigkeit des Pfahls

Wenn ein Näherungswert an das gesamte korrigierte Lastverschiebungsverhalten während der Prüfung erforderlich ist, sind weitere Analyseschritte erforderlich, um einen hyperbolischen Näherungswert an das Lastverschiebungsverhalten (Bild A.3) zu erstellen. Zunächst ist erforderlich, die Anfangssteifigkeit des Pfahls bei niedrigen Verschiebungswerten zu bestimmen:

ANMERKUNG Die Hyperbel wird dargestellt als $F = w / (p + q \times w)$; $p$ ist der Kehrwert der Anfangssteifigkeit des Pfahls, $k_c$ und $q$ sind die Kehrwerte der hyperbolischen Asymptote. In einem Hyperbeldiagramm mit den Koordinaten $w / F$ und $w$ wird eine reine Hyperbel durch eine gerade Linie dargestellt. Hintergrundinformationen zu diesem Verfahren können [2] entnommen werden. Die erforderlichen Schritte sind:

— Die Pfahlverschiebung ($w$), geteilt durch den durch die Trägheit korrigierten Pfahlwiderstand ($R_{c,ic}$) für die gesamte Prüfung wird gegenüber der Pfahlverschiebung bis zu $w_{Fc\text{-}max}$ grafisch dargestellt, dabei ist $F_{c\text{-}max}$ der größte Messwert der Kraft.

— Die Größe des Schnittpunktes der Achse $w / R_{c,ic}$ mit der geeignetsten geraden Linie wird festgelegt, um den Wert für die Hyperbelkenngröße $p$ zu bestimmen, der den Kehrwert der Anfangssteifigkeit des Pfahls $k_c$ darstellt.

e) Bestimmung der Lastverschiebungskurve des durch die Trägheit korrigierten Widerstands

— Die Kenngrößen der Anfangssteifigkeit werden bestimmt, wie vorstehend angegeben.

— Die verbleibende Kenngröße der hyperbolischen Gleichung, $q$, (Gleichung A.3), wird berechnet.

$$q = 1{,}0 / R_{c,ic,tw\text{-}max} - p / w_{tw\text{-}max} \quad \text{(A.3)}$$

— Die sich daraus ergebende hyperbolische Lastverschiebungskurve wird mithilfe von Gleichung (A.4) dargestellt.

$$R_{c,ic} = w / (p + (q \times w)) \quad \text{(A.4)}$$

AVA Documents
Document Sharing Hub



Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10

f) Bestimmung der korrigierten Drucklast-Verschiebungskurve

— Die Hyperbelkenngröße, $q_{corrected}$, wird nach Gleichung (A.3) berechnet, wobei $R_{c,ic,tw\text{-}max}$ durch $R_{c,corrected}$ ersetzt wird.

— Die sich daraus ergebende korrigierte Drucklast-Verschiebungskurve wird mithilfe von Gleichung (A.4) mit Kenngrößen dargestellt, die für $R_{c,corrected}$ festgelegt wurden.



Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 22477-10:2015-10